



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**CHEMICKÁ A SENZORICKÁ CHARAKTERIZACE CIDERŮ
VYROBENÝCH Z ODRŮD JABLEK
CHARAKTERISTICKÝCH PRO ČR**

CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF CIDER MADE FROM APPLE CULTIVARS
ORDINARILY GROWN IN CZECH REPUBLIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zuzana Strapcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1316/2018 Akademický rok: 2018/19
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Bc. Zuzana Strapcová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.**

Název diplomové práce:

Chemická a senzorická charakterizace ciderů vyrobených z odrůd jablek charakteristických pro ČR

Zadání diplomové práce:

1. Zpracovat literární rešerši na dané téma
2. Na základě rešerše vybrat 4 odrůdy jablek, často pěstovaných v ČR s potenciálem pro výrobu tzv. moderního cideru (nízký obsah taninů, relativně vyšší koncentrace organických kyselin)
3. Vyvinout a optimalizovat kvasnou technologii pro cider
4. Vyvinout a optimalizovat metody pro stanovení základních fyzikálních a chemických ukazatelů vyrobených ciderů – vylisnost, sacharidy, organické kyseliny, vitamin C, obsah alkoholu, celkový obsah polyfenolů, antioxidační aktivita
4. Provést senzorické hodnocení vyrobených ciderů
5. Na základě výsledků definovat závěry

Termín odevzdání diplomové práce: 10.5.2019:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

Bc. Zuzana Strapcová
student(ka)

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2019

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá skúmaním vybraných chemických a senzorických charakteristík ciderov, ktoré boli vyrobené zo štyroch vybraných odrôd jablák.

V teoretickej časti je popísané chemické zloženie jablák, cideru, technológia výroby a produkcia vo svete. V ďalšej časti sú popísané analytické metódy, ktoré sa používajú na stanovenie chemických charakteristík nielen v cideroch, ale aj iných alkoholických nápojoch.

Experimentálna časť je zameraná na stanovenie chemických charakteristík, ako je množstvo organických kyselín, sacharidov, obsah celkových fenolických látok, alkoholu, antioxidačnej aktivity a prvkové zloženie. Účelom práce bolo zistiť, ako sa jednotlivé odrody líšia v chemickom zložení. Vyrobené cidery boli podrobené senzorickej analýze, kde sa hodnotili vybrané senzorické parametre ciderov, ktoré boli v prirodzenom stave a s prídavkom oxidu uhličitého.

Z nameraných výsledkov vyplýva, že cidery z rôznych odrôd sa líšia v chemickom zložení. Z organických kyselín bola v cideroch najviac zastúpená kyselina jablčná v rozmedzí 2759 – 4411 mg·l⁻¹. Ďalšou zastúpenou kyselinou bola kyselina mliečna v rozmedzí 166,2 – 288,1 mg·l⁻¹. Obsah glukózy v jednotlivých cideroch bol stanovený v rozmedzí 845,3 – 1159,8 mg·l⁻¹ a fruktózy 32,6 – 406,7 mg·l⁻¹. Najviac zastúpený zo všetkých prvkov bol draslík 944,29 – 1073,98 mg·l⁻¹. Obsah celkových fenolických látok bol stanovený v rozmedzí 164,2 – 214,1 mg GAE·l⁻¹ a antioxidačná aktivita 0,192 – 0,318 mg·l⁻¹. Tieto rozdiely v chemickom zložení sa prejavili aj v senzorickom hodnotení. Podľa celkového hodnotenia bol najlepší cider vyrobený z odrody Granny Smith, ktorý obsahoval najviac organických kyselín a sacharidov. Bolo zistené, že prídavkom oxidu uhličitého dochádza k zmene senzorických parametrov ako je farba, chuť a vôňa.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Cider, ICP-OES, HPLC, IC, organické kyseliny, sacharidy, fenolické látky, antioxidačná aktivita

ABSTRACT

This master thesis deals with the investigation of selected chemical and sensory characteristics of ciders, which were made from four selected apple varieties.

The theoretical part describes the chemical composition of apples, cider, the technology of production and production in the world. The next section describes the analytical methods used to determine chemical characteristics not only in ciders but also in other alcoholic beverages.

The experimental part focuses on the determination of chemical characteristics such as the content of organic acids, carbohydrates, total phenolic content, alcohol antioxidant activity and elemental composition. The purpose of the work was to find out how different varieties differ in chemical composition. The produced ciders were subjected to sensory analysis to evaluate the selected cider sensory parameters, which were in the natural state and with the addition of carbon dioxide.

The results show that ciders of different varieties differ in chemical composition. Malic acid was the most abundant of the organic acids in the range of 2759 – 4411 mg·l⁻¹. Another acid represented was lactic acid in the range of 166,2 – 288,1 mg·l⁻¹. The glucose content of each cider was determined between 845,3 – 1159,8 mg·l⁻¹ and fructose 32,6 – 406,7 mg·l⁻¹. Potassium 944,29 – 1073,98 mg·l⁻¹ was the most represented of all elements. The total phenolic content was determined to be in the range of 164,2 – 214,1 mg of GAE·l⁻¹ and the antioxidant activity of 0,192 – 0,318 mg·l⁻¹. These differences in chemical composition were also reflected in sensory evaluation. According to the overall assessment, the best cider was made from the Granny Smith variety, which contained the most organic acids and carbohydrates. It has been found that by adding carbon dioxide, sensory parameters such as colour, taste and smell are altered.

KEY WORDS

Cider, ICP-OES, HPLC, IC, organic acids, carbohydrates, phenolic compounds, antioxidant activity

STRAPCOVÁ, Zuzana. *Chemická a senzorická charakterizace ciderů vyrobených z odrůd jablek charakteristických pro ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií, 2019. 73 s. Diplomová práce. Vedoucí práce Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne a že všetky použité literárne zdroje som správne a úplne citovala. Diplomová práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť využitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúce diplomovej práce a dekana FCH VUT.

.....

Podpis študenta

POĎAKOVANIE

Chcela by som sa poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Jaromírovi Pořízkovi, Ph.D. za odborné rady, cenné pripomienky a čas, ktorý mi venoval pri vzniku diplomovej práce. Ďalej by som sa chcela poďakovať Ing. Václavovi Štursovi za čas a pomoc, ktorú mi venoval pri výrobe ciderov.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretická časť	9
2.1	Chemické zloženie jablák.....	9
2.1.1	Skupiny a odrodová charakteristika jablák	10
2.1.2	Chemické zloženie jablkovej šťavy	11
2.1.3	Mikroflóra jablák	11
2.2	Chemické zloženie cideru.....	12
2.3	Technológia cideru	13
2.3.1	Výber jablák.....	13
2.3.2	Zber a uskladnenie jablák	13
2.3.3	Triedenie, čistenie	14
2.3.4	Drvenie a lisovanie.....	14
2.3.5	Kvasenie	15
2.3.6	Čerenie, fľaškovanie a skladovanie.....	16
2.3.7	Chyby a choroby cidera.....	17
2.4	Výroba vo svete	17
2.5	Analytické metódy na stanovenie chemických charakteristík.....	18
2.6	Separačné techniky	18
2.6.1	Vysokoúčinná kvapalinová chromatografia.....	19
2.6.2	Iónová chromatografia	23
2.7	Prvková analýza ciderov a iných alkoholických nápojov	23
2.7.1	Optická emisná spektrometria s indukčne viazaným plazmatom	23
2.7.2	ICP-MS.....	25
2.8	Metódy na stanovenie antioxidačnej aktivity a celkových polyfenolov.....	26
2.8.1	Metóda TEAC používajúca radikál ABTS.....	26
2.8.2	Folin-Ciocalteuova metóda	27
2.9	Analýza rozptylu.....	27
2.10	Analýza hlavných komponent	27
3	Ciele práce	28
4	Experimentálna časť	29
4.1	Laboratórne vybavenie	29
4.1.1	Prístroje	29

4.1.2	Pomôcky.....	29
4.1.3	Chemikálie	29
4.2	Príprava vzoriek.....	30
4.2.1	Výroba cideru v laboratórnych podmienkach	30
4.2.2	Príprava vzoriek na analýzu	30
4.3	Popisy stanovenia jednotlivých charakteristík	30
4.3.1	Stanovenie výťažnosti a rozpustnej sušiny refraktometricky.....	30
4.3.2	Stanovenie organických kyselín.....	31
4.3.3	Prvková analýza	31
4.3.4	Stanovenie celkových fenolických látok Folin-Ciocalteuovou metódou.....	31
4.3.5	Stanovenie celkovej antioxidačnej aktivity.....	32
4.3.6	Stanovenie alkoholu	32
4.3.7	Stanovenie sacharidov.....	32
4.4	Štatistická analýza dát	33
5	Výsledky a diskusia	34
5.1	Stanovenie výťažnosti a rozpustnej sušiny v mušte	34
5.2	Analýza organických kyselín v cideroch.....	35
5.3	Prvková analýza ciderov.....	37
5.4	Analýza celkových fenolických látok v cideru Folin-Ciocalteuovou metódou	42
5.5	Analýza celkovej antioxidačnej aktivity v cideroch.....	43
5.6	Stanovenie ethanolu v cideroch.....	45
5.7	Analýza sacharidov v cideri	47
5.8	Viacrozmerná charakteristika ciderov	48
5.9	Senzorická analýza	50
6	Záver	55
7	Použitá literatúra	57
8	Zoznam použitých skratiek a symbolov	63
9	Prílohy.....	64

1 ÚVOD

Cider alebo jablčné víno je populárny alkoholický nápoj v Európe, Severnej Amerike a Austrálii. Je to jeden z najstaršie vyrábaných alkoholických nápojov, ktorý má dlhú a zaujímavú históriu. Výroba alkoholických nápojov z jablák a hrušiek sa do 9. storočia. Ovocné vína majú význam vo výžive ľudí, pretože pitie primeraného množstva pôsobí priaznivo nielen na tráviace procesy, úpravu krvného tlaku alebo na nervovú sústavu, ale prispieva k chuťovým a aromatickým vnemom. Ovocné vína sú bohaté na kyseliny, cukry, triesloviny, aromatické látky, ale aj na vitamíny a minerálne látky. Jablká patria medzi najviac produkované a konzumované ovocie po celom svete. [1, 2, 3]

Na výrobu cideru sú dôležité odrody, ktoré sa vyznačujú určitými vlastnosťami, ako je sladká, kyslá a horká chuť. Zmiešaním rôznych odrôd sa dosiahne rovnováha chuti a vône. Cider sa vyrába fermentáciou jablčného muštu. Proces výroby zahŕňa hlavné kroky ako je drvenie, lisovanie a fermentácia. Fermentácia zahŕňa alkoholové kvasenie, kedy dochádza k premene cukrov na ethanol a oxid uhličitý pomocou kvasinkových kmeňov. Malolaktické kvasenie nastáva v procese zrenia, pri ktorom dochádza ku konverzii kyseliny jablčnej na kyselinu mliečnu a dochádza k zjemneniu chuti. Doba fermentácie závisí od teploty. Súčasné metódy výroby cideru ako sú kontrolné procesy, hygiena, stabilita plnenie do fliaš, sa snažia obmedziť vady konečného produktu, a tým umožňujú plnenie požiadaviek spotrebiteľov. Výrobcovia využívajú štandardy kvality a výroba prebieha za kontrolovaných podmienok počas celej výroby. [4]

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť 4 rôzne odrody jablák. Výber bol zameraný na selekciu odrôd s rôznymi charakteristikami a s dôrazom na výber odrody často pestovanej na území Českej republiky. Cidery vyrobené z týchto odrôd boli charakterizované z hľadiska chemického zloženia a posudzované boli aj senzorické vlastnosti.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

Cider je fermentovaný alkoholický nápoj, ktorý je vyrobený z rozdrvených a vylisovaných jabĺk. Štýly cideru sú rôznorodé v závislosti od typu odrôd jabĺk, stupňa sladkosti od extra suchého až po sladký cider, obsahu alkoholu od 1,2 – 8 obj. %. Je to jeden z najstarších vyrábaných nápojov so svojou históriou. Výroba cideru zahŕňa tri hlavné procesy ako je drvenie, lisovanie jabĺk, za ktorými nasleduje najdôležitejší krok, a tým je fermentácia. Fermentácia zahŕňa alkoholové kvasenie cukru na ethanol s pomocou kvasiniek, a malolaktickú fermentáciu za prítomnosti mliečnych baktérií, ktorá prebieha počas zrenia. Výber odrody a zrelosť jabĺk ovplyvňujú obsah cukru v jablkách, a tým aj konečnú úroveň ethanolu. Cider je počas výroby náchylný na zmeny, ktoré môžu nastať v dôsledku pôsobenia kyslíka, enzýmov alebo mikroorganizmov. Zmeny môžu viesť k strate nutričných a organoleptických vlastností. Súčasné postupy výroby cideru ako je kvalita zariadenia, kontrola procesu, stability, hygieny, plnenia do fliaš, obmedzuje vady v konečnom produkte, a tým uspokojuje požiadavky spotrebiteľov. Cider sa vyrába vo viac ako 25 krajinách sveta, kde najvyššia produkcia v Európe je prevažne v krajinách ako: Veľká Británia, Španielsko, Francúzsko, Nemecko. Krajiny vyrábajú svoje špeciality. Francúzsky cider je skôr sladký ako kyslý a je charakteristický ovocnou arómou, pretože dochádza k oddeleniu pektínov a iných látok od džúsu. Cider je fermentovaný pomaly pri nízkych teplotách. Cider vyrobený vo Veľkej Británii je skôr suchý s obsahom alkoholu až do 8,5 %. [4, 5, 6]

Tabuľka 1: Typy ciderov podľa obsahu alkoholu a zvyškového cukru [7, 8]

Typ	Stupeň alkoholu	Obsah zvyškového cukru
Suchý (brut alebo sec)	> 5 %	0 – 9 g·l ⁻¹
Polosuchý (demi sec)	3 % – 5 %	9 – 40 g·l ⁻¹
Sladký (doux)	< 3 %	> 40 g·l ⁻¹

2.1 Chemické zloženie jabĺk

Tabuľka 2: Priemerné hodnoty zloženia v % [9]

	Sušina	Voda	Cukry	Vláknina	Kyseliny	pH	Triesloviny
Jablká	16,30	83,70	10,50	1,50	0,80	3,2	0,10

Sacharidy

V ovocí sa predovšetkým nachádzajú monosacharidy a disacharidy, ako je fruktóza, sacharóza a glukóza, ktoré sú fermentovateľné kvasinkami. Monosacharidy sú rozpustné vo vode a nachádzajú sa vo všetkých druhoch ovocia. V jablkách sa nachádza škrob a rozpustný pektín – polygalaktouronát. Počas skladovania ovocia na suchom mieste niekoľko dní pred drvením a lisovaním, dochádza k rozkladu škrobu amylázami na monosacharidy. Množstvo cukru závisí od odrody, klímy, stupňa zrelosti, množstva zrážok a teploty. [5, 9]

Vláknina

Vláknina sa spolu s pektínom a lignínom podieľa na štruktúre plodu. Vláknina pôsobí priaznivo na peristaltiku čriev, vyvoláva pocit sýtosti a nedostatok môže spôsobovať zdravotné problémy. [9]

Fenolické látky

Fenolické látky dodávajú jablkách charakteristickú horkosť. Medzi hlavné triedy fenolických látok nachádzajúcich sa v aj v šupkách aj v dužine patria hydroxyškoricové kyseliny, dihydrochalkóny, flavan-3-oly a prokyanidiny. Ciderové jablká majú vyšší obsah celkových fenolických látok ako dezertné jablká. [5]

Medzi najdôležitejšie hydroxyškoricové kyseliny patrí chlorogénová a p-kumarylchinová kyselina. Z dihydrochalkónov sú to floretin-2-glukosid a floretin- β -xyloglukosid. Z flavan-3-olov sa v jablkách nachádza hlavne epikatechin. V šupke sa z flavonolov nachádzajú hlavne glykosidy kvercetinu. [5]

Ak prevládajú oligoméne prokyanidíny, tak chuť je horká a trpká. Polyfenoly s krátkym reťazcom sú označované ako „tvrdé“ taníny. S rastúcim počtom fenolických podjednotiek chuť mäkne a stáva sa viac trpká ako horká. Takéto polyfenoly sú označované ako „mäkké“ taníny. [10]

Kyseliny a vonné látky

V jablkách sa nachádza prevažne kyselina jablčná, ktorá mu dodáva príjemnú a osviežujúcu chuť. Podľa Wu et al. sa v jablkách nachádza aj kyselina chinová, citrónová, vínna, jantárová a šikimová. Nezrelé ovocie má najvyšší obsah kyselín a počas dozrievania dochádza ku klesaniu. [9, 11]

Vonné látky sa v jablkách nachádzajú hlavne v dužine. Prchavé látky sa v ciderových odrodách odlišujú od dezertných odrôd. Jablčná šťava obsahuje asi 49 % alkoholov, 36 % esterov a 11 % karbonylových zlúčenín. [10]

Tabuľka 3: Obsah minerálnych látok v mg na 100 g jedlého podielu [9]

	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	Cu	P	I
Jablká	1,7	126	2,6	7,4	-	0,32	0,08	10,1	1,5

2.1.1 Skupiny a odrodová charakteristika jablák

Odrody jablák sa môžu radiť do štyroch skupín podľa vhodnosti na výrobu cidera, a to sladké, horko sladké, trpké a kyslé. Niektoré odrody môžu byť radené aj do dvoch skupín. Odrody pestované predovšetkým na konzumáciu sú zaradené do sladkej skupiny, sú bohaté na cukry s nízkym obsahom tanínu a sú zdrojom sladkej chuti cidera. Do tejto skupiny patria odrody ako Prima, Doublet, Rubin, Golden Delicious, Gold Bohemia. Red Delicious, Florina, Spartan patria do horko sladkej skupiny a stabilizujú obsah alkoholu. Odrody v trpkkej skupine, ako sú Topas, Starking, Gold Star, Angold sa vyznačujú vysokým obsahom tanínu, ktorý dodáva cideru plnosť. Obsah tanínov v šťave má výrazný vplyv na chuť. Odrody zaradené do kyslej skupiny sú bohaté na kyselinu jablčnú. Do tejto skupiny patria odrody ako Melrose, Denar, Ontario. [6, 7, 12]

Tabuľka 4: Rozdelenie jablák podľa obsahu celkových fenolických látok a titrovateľných kyselín (stanovené na kyselinu jablčnú) [5]

[% w/v]	Sladké	Horkosladké	Kyslé	Horkokyslé
Celkový obsah fenolických látok	<0,20	>0,20	<0,20	>0,20
Titrovateľné kyseliny	<0,45	<0,45	>0,45	>0,45

Golden Delicious

Odroda je pôvodom z USA, ale je rozšírená po celom svete. Darí sa jej v južných ovocinárskych oblastiach Moravy a Slovenska. Plod je strednej veľkosti, guľovitý a tvarovo vyrovnaný. Šupka je hladká, matne lesklá a farba je zelenožltá. Dužina je šťavnatá, pevná a výrazne aromatická. Chuť je sladká, mierne kyslá a výrazne aromatická. Konzumne dozrieva v novembri až decembri. [13]

Granny Smith

Odroda pochádza z Austrálie, ale je rozšírená aj v Európe. Plody sú guľovité, stredne veľké, pravidelného tvaru. Šupka je hladká, pololesklá, pevná a farba je zelená. Dužina je biela a krehká. Chuť je kyslá a konzumne dozrieva v januári až februári. [13]

Jonagold a Jonaprince

Odroda pochádza z USA a vznikla skrížením odrôd Golden Delicious a Jonathan. Plody sa vyznačujú pravidelným a súmerným tvarom, sú guľovité a oblé. Šupka je hladká a matná. Farba je zelenožltá a neskôr je žltá s červeným líčkom. Chuť je sladkokyslá a mierne aromatická. Konzumnú zrelosť dosahuje v novembri až decembri. Jonaprince je farebnou mutáciou odrody Jonagold, ktorá vznikla v Holandsku. Plody majú sýtočervenú farbu a dužina je žltá, sladkokyslá. [13]

2.1.2 Chemické zloženie jablkovej šťavy

Jablková šťava má nízke pH, zle rozpustný obsah dusíka a nedostatok mono- a disacharidov. Kompozícia šťavy závisí od odrôd jabĺk, klímy a zrelosti, v ktorej boli jablká spracovávané. Priemerné množstvo jednotlivých cukrov vyjadrené ako percento z celkového obsahu cukru predstavuje 74 % fruktózy, 15 % sacharózy a 11 % glukózy. [6]

Organické kyseliny sú jednou z dôležitých zložiek, ktoré prispievajú na tvorbu rovnováhy chuti, vône, farby, ale hlavne ovplyvňujú chemickú stabilitu a pH. Koncentrácia každej kyseliny prispieva ku kvalite produktu. Hlavnou kyselinou je kyselina L(–)-jablčná, ktorej priemerná hodnota podľa Mezeya et al. je $5,1 \pm 1,9 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Hodnoty sa líšia v závislosti od odrody. Podľa Ye et al. je obsah kyseliny jablčnej $4,9 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Odrody okrem kyseliny jablčnej obsahujú kyselinu šikimovú, chinovú, chlorogenovú a p-kumaryl chinonovú. Kyselina jablčná je dôležitý medziprodukt Krebsovho cyklu. Obsah kyseliny závisí od množstva dusíka či vitamínov. Prispieva k lepšiemu chuťovému profilu. Pektín je hydrolyzovaný pomocou enzýmu pektín esteráza na pektínovú kyselinu. [6, 14, 15]

Fenolické zlúčeniny sú dôležité zlúčeniny, pretože vplývajú na tvorbu organoleptických vlastností, ako je farba, horkosť, adstringentnosť, chuť a aróma cidra. Polyfenolické zlúčeniny sa pôsobením polyfenol oxidázy zúčastňujú hneďúcich procesov. K enzymatickému hneďutiu dochádza počas krájania alebo poškodenia jabĺk, kedy sa enzýmy uvoľnia z tkanív a reagujú s polyfenolickými zlúčeninami. Fenol je oxidovaný na chinón za vzniku hnedých pigmentov. Prokyanidíny reagujú s proteínmi, a tým sú zodpovedné za tvorbu zákalu a sedimentu. [2, 16]

2.1.3 Mikroflóra jablka

Mikroflóra zrelého jablka pozostáva z mikroorganizmov rodu *Rhodotorula*, *Torulopsis*, *Candida* a *Melschnikowia*. Rod *Saccharomyces* a iných sporulujúcich kvasiniek sa vyskytujú zriedkavo. Tráva a pôda sú kontaminované mikroorganizmami. Počet mikroorganizmov rastie,

hlavne ak je poškodené pletivo jablka. Tkanivo môže byť napadnuté rodom *Acetomonas*, ktorý z glukózy a fruktózy produkuje 2,5-diketo zlúčeniny. Počet mikroorganizmov sa zvyšuje pri každom zbere, transporte a skladovaní. [6]

2.2 Chemické zloženie cideru

Hlavnými komponentmi cideru okrem vody sú organické kyseliny, sacharidy, alkoholy a polyfenolické zlúčeniny. Medzi dôležité faktory, ktoré vplyvajú na arómu cideru, patrí množstvo pridaných siričitanov, druhu kvasiniek, prístupných živín, času a teploty fermentácie, pH a prídavku iných látok ako sú sladidlá, farbivá a konzervačné látky.

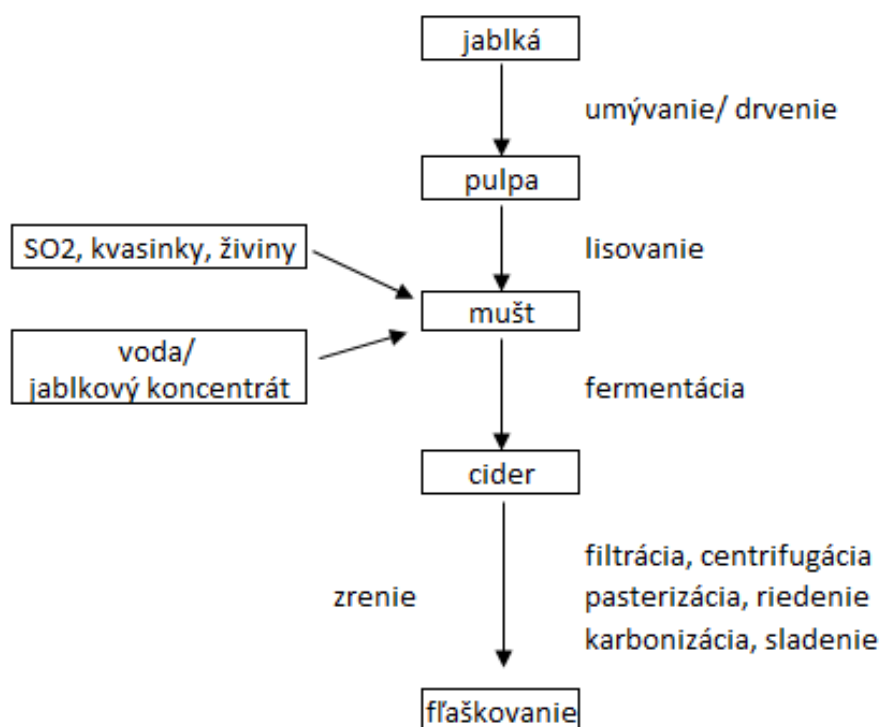
Hlavnou organickou kyselinou jablka je kyselina jablčná. Kyseliny dodávajú cideru kyslosť, ktorá môže byť upravená prídavkom ďalších kyselín, čím sa kyslosť cideru zvýši, alebo kyslosť môže byť upravená prídavkom sladidiel na vyrovnanie kyslosti. Nízke pH cideru môže spôsobiť rozvoj nežiadúcich mikroorganizmov, ktoré majú vplyv na vznik nepríjemnej vône a chute. Konečný obsah kyselín má dôležitý vplyv na výsledný profil cideru. Medzi hlavné kyseliny, ktoré sa nachádzajú v cideri, patrí kyselina mliečna, jablčná, jantárová, octová a citrónová. Podľa Zhang et al. bolo množstvo kyseliny mliečnej stanovené na 175,02 mg·l⁻¹, jantárovej na 290,53 mg·l⁻¹, octovej na 82,18 mg·l⁻¹ a citrónovej 512,89 mg·l⁻¹. Ye et al. stanovil množstvo kyseliny mliečnej na 130,52 mg·l⁻¹, jantárovej na 233,18 mg·l⁻¹, jablčnej 7177,67 mg·l⁻¹, hroznovej 82,11 mg·l⁻¹ a citrónovej 536,73 mg·l⁻¹. [5, 14, 17]

Medzi hlavné sacharidy, ktoré sa nachádzajú v cideri patrí glukóza, fruktóza a sacharóza. Do cideru sa na vyrovnanie chuti môžu pridávať sacharidy ako sorbitol, aspartam alebo sacharin, ktorý je dovolený vo Veľkej Británii.

Fenolické zlúčeniny predstavujú jeden z dôležitých parametrov cideru, pretože prispievajú k vlastnostiam ako je farba, chuť, horkosť, trpkosť a k celkovému pocitu v ústach. Podieľajú sa na koloidnej stabilite cideru prostredníctvom interakcie s proteínmi. V cideri sa nachádza päť hlavných skupín polyfenolov: flavan-3-oly, prokyanidíny, flavonoly, dihydrochalkóny a deriváty kyseliny škoricovej. Podľa Ye et al. bola v cideri stanovená chlorogenová kyselina (8,27 mg·l⁻¹), škoricová kyselina (0,57 mg·l⁻¹), ferulová kyselina (1,96 mg·l⁻¹), kávová kyselina (4,20 mg·l⁻¹), p-kumarová kyselina (1,16 mg·l⁻¹), katechin (24,37 mg·l⁻¹), epikatechin (0,07 mg·l⁻¹), floridzín (5,98 mg·l⁻¹) a rutín (1,84 mg·l⁻¹). Picinelli et al. stanovil v cideri kyselinu chlorogénovú (1,1 mg·l⁻¹), kávovú (0,1 mg·l⁻¹), derivát kyseliny kumarovej (12,5 mg·l⁻¹), ferulovú kyselinu (0,6 mg·l⁻¹), katechín (0,3 mg·l⁻¹), epikatechin (4 mg·l⁻¹), floridzin (18,8 mg·l⁻¹) a prokyanidín B2 (14,4 mg·l⁻¹). [5, 14, 18]

Najdôležitejšími prchavými látkami sú vyššie alkoholy, estery, mastné kyseliny a karbonyly. Počas alkoholovej fermentácie sú produkované dôležité aromatické látky, pretože podmieňujú kvalitu ovocného vína. Vyššie alkoholy vznikajú počas fermentácie z keto kyselín, a to zahŕňa aj degradáciu aminokyselín. Estery sú vytvárané v procese esterifikácie. Hexyl acetát je zdrojom sladkej chuti cidra. Ethyl acetát prispieva k príjemnej ovocnej chuti. Kyselina hexánová, oktánová a dekánová patria medzi hlavné kyseliny, ktoré sa nachádzajú v cideri a vznikajú oxidáciou lipidov. Acetaldehyd vo vysokej koncentrácii je zdrojom štiplavého nepríjemného zápachu. Jeho produkcia závisí od teploty, koncentrácie kyslíka a druhu kvasiniek. [2, 5]

2.3 Technológia cideru



Obrázok 1: Technológia výroby cideru

2.3.1 Výber jablák

Pri výbere jablák sú dôležité dva faktory ako zrelosť a rozmanitosť, pretože ovocie poskytuje najlepšiu kombináciu charakteristík pre každú dávku. Jablká, ktoré sa používajú na výrobu, musia byť dostatočne zrelé. Nezrelé alebo prezreté jablká znižujú kvalitu cideru. Každá odroda jablák poskytuje určité charakteristiky, a preto sa cidery vyrábajú zmiešaním rôznych odrôd, čím sa dosiahne rovnováha sladkej, ostrej chuti a arómy. Cider, ktorý je vyrobený len z jednej odrody jablák, málokedy vytvára uspokojivé víno. Odrody ako Gravenstein, Newtown-Pippin a McIntosh sa na výrobu používali samostatne, ale len keď sa dosiahol správny stupeň zrelosti. Zmiešaním už dvoch odrôd sa dá dosiahnuť požadovaná plnosť a rovnováha chuti, ale použitie troch alebo viacerých odrôd umožňuje jednoduchšie dosiahnutie požadovaných vlastností a riadenie dostupnej ponuky. [12]

Letné jablká sa musia spracovať v období, keď je teplo, a nemôžu sa dlho uchovávať. Kvasenie prebieha rýchlo a ťažko sa kontroluje. Jesenné až skoro zimné odrody sú najvhodnejšie na výrobu cidera. Zimné jablká po zbere musia ešte dozrieť a až potom môžu byť použité na výrobu cidera. [5, 7]

2.3.2 Zber a uskladnenie jablák

Jablká na výrobu cideru sa zbierajú trasením stromov, kedy zrelé jablká popadajú na fóliu alebo sieť. Niekedy sa pred drvením ponechajú na tmavom mieste, aby nadobudli väčšiu zrelosť. Čas zrenia umožňuje formovanie aromatických zložiek a počas neho jablká mäknú, čo umožňuje ľahšie drvenie. [5]

Rané jablká sú náchylné na hnitie, a preto sa musia čo najrýchlejšie spracovať. Jesenné alebo zimné jablká sa zase musia dobre uskladniť, aby sa dosiahla čo najlepšia zrelosť. Počas skladovania v jablkách prebiehajú mikrobiologické a biochemické zmeny. Nežiaduce zmeny a straty na hmotnosti alebo výťažnosti šťavy treba obmedziť. Ovocie by malo byť uskladnené na suchom a dobre vetrateľnom mieste. Doba skladovania sa líši od druhu ovocia a teploty skladovania. Zimné jablká dozrievajú neskôr ako jesenné. Keď sú jablká dostatočne zrelé, začnú mať charakteristickú sladkú vôňu. [7]

2.3.3 Triedenie, čistenie

Pred spracovaním sa jablká musia vytriediť. Odstraňujú sa nahnité, plesnivé, ale aj nahnedlé jablká. Takéto jablká môžu spôsobovať mikrobiálnu kontamináciu šťavy, ale aj strojového vybavenia.[7]

Pred spracovaním musí byť ovocie poriadne umyté, pretože stopka by mohla byť znečistená. Na umývanie sa používa niekoľko druhov prístrojov. Jablká môžu byť vložené do bubna, ktorý rotuje, s nepretržitým tokom vody. Priemyselne sa používajú kefové práčky alebo sprchy. Sprchovanie musí trvať najmenej 15 sekúnd. Pri malých množstvách môžu byť jablká vložené do nádoby a umyté rukami. Fabriky využívajú zásoby recirkulovanej vody, pretože počas umývania sa voda rýchlo zašpiní od pôdy, trávy, listov a poškodených jablák. [6, 7, 12]

2.3.4 Drvenie a lisovanie

Drvením dochádza k narušeniu pletiva plodu. Hrubším nadrvením šťava pri lisovaní odteká rýchlejšie. Pri jemnejšom nadrvení je výťažok šťavy nižší. V menších zariadeniach sa na drvenie používa drevená palica a ovocie sa nachádza buď v drevenej alebo kamennej vani. Na drvenie sa dajú použiť krájačky, ktoré sa používajú na krájanie zeleniny, alebo mlynky, či škrabky. Škrabky sú umiestnené proti sebe, otáčajú sa a strúhajú jablká na prúžky. Vo veľkých výrobniach sa používajú valcové, kladivkové alebo škrabkové mlyny. Zariadenia, ktoré sa používajú na mletie a lisovanie, sú väčšinou kombinované do jedného prístroja. Rozomleté jablká sú dávkané do nádoby na extrakciu šťavy. [6, 7, 12]

Vo Francúzsku sa v minulosti na lisovanie používali kladové lisy, ktoré boli nahradené skrutkovými alebo vretenovými lismi s plachtami. V malých prevádzkach sa na lisovanie môže použiť vinársky lis. Vo veľkých výrobniach sa používajú plachtové lisy, ktoré sú vybavené olejovou hydraulikou. Výťažnosť šťavy závisí od podmienok lisovania a šťavnatosti jablák. Pri ručnom lisovaní je výťažnosť šťavy okolo 45 – 50 %. Pri hydraulickom lisovaní sa môže výťažnosť zvýšiť až na 70 %. [7]

Výlisky sa môžu sušiť horúcim vzduchom, až kým nedosiahnu vlhkosť 12 %. Potom sú použité na výrobu pektínu alebo sa predávajú na silážovanie pre dobytok. Vo Francúzsku sú výlisky extrahované vodou a po extrakcii sa výlisky odvodnia, usušia a použijú na výrobu pektínu. Zriedená šťava sa môže zmiešať buď s čerstvou šťavou, alebo sa môže použiť na výrobu Calvadosu, prípadne na výrobu priemyselného liehu. [6]

Čerstvá šťava sa môže fermentovať, alebo sa koncentruje a skladuje na neskoršiu výrobu cidera, prípadne sa predáva ako koncentrát. Pred koncentráciou je šťava zahrievaná na 95 °C tak dlho, kým sa neodparí 10 – 15 % objemu. Kondenzácia a koncentrácia prebehne 10 krát, čím sa získa jablková aróma. Horúca šťava sa ochladí na 40 °C a pridajú sa enzýmy, ktoré rozrušujú pektíny, aby nedošlo k tvorbe želé. Šťava je následne ošetrovaná určitým množstvom

oxidu siričitého podľa pH šťavy. Ak je pH v rozmedzí 3,0 – 3,3 je potrebné pridať 75 ppm oxidu siričitého. Pri pH 3,3 – 3,5 je potrebné pridať 100 ppm a 150 ppm keď je pH v rozmedzí 3,5 – 3,8. Maximálny limit je 200 ppm oxidu siričitého. Oxid siričitý zabraňuje nadmernej oxidácii zložiek šťavy a inhibuje určité druhy mikroorganizmov. [6, 12]



Obrázok 2: Dvojitý pásový lis [22]

2.3.5 Kvasenie

Cider sa vyrába z jablkovej šťavy, ktoré môžu byť vyrábané dvojstupňovou fermentáciou. Prvá fermentácia je spôsobená kvasinkami, ktoré premieňajú cukor na ethanol a oxid uhličitý. Pri druhej fermentácii dochádza ku konverzii L(-)-kyseliny jablčnej na L(+)-mliečnu kyselinu a oxid uhličitý pôsobením mliečnych baktérií. Počas tejto fázy dochádza k zmenám sensorických vlastností. [6, 19] Pri výrobe ciderov bola použitá iba kvasinková kultúra.

Do šťavy sa pridáva prevažne kultúra kvasiniek rodu *Saccharomyces cerevisiae* a fermentácia prebieha pri teplote 10 – 16 °C po dobu 1 – 4 týždňov. Pri výrobe tradičného cideru v severnom Španielsku, severozápadnom Francúzsku a v západnom Anglicku môžu byť pridané aj kvasinky typu *Kloeckera apiculata*, *Hanseniaspora valbyensis* a *Saccharomyces ludwigii*. Po skončení fermentácie sú kvasinky buď centrifugované alebo odfiltrované, aby sa zaistila stabilita. Počas skladovania, ktoré môže trvať 12 – 18 mesiacov, dochádza k zmiešaniu ciderov, aby nedochádzalo k zmenám chuti produktu. Keď teplota dosiahne 15 °C, kyslosť cidera je redukovaná malolaktickým kvasením. Dôležitými faktormi na vývoj sensorických vlastností je vhodný výber kvasiniek a stanovenie podmienok fermentácie. [5, 6, 19, 20]

Počas fermentácie dochádza k zmenám obsahu rôznych látok, a to: prchavých látok, aminokyselín, obsahu celkového cukru, či fenolických látok. Týmito zmenami sa zaoberal Ye et al., kde na sledovanie zmien bola použitá odroda Fuji a fermentácia prebiehala 9 dní pri teplote 18 °C. Počas fermentácie došlo k zníženiu obsahu celkových sacharidov, dusíka asimilovaného kvasinkami. Obsah niektorých prchavých látok počas fermentácie rástol u iných klesal. Počas fermentácie došlo k výraznému zvýšeniu obsahu isoamylalkoholu a 2-fenylethanolu, ktoré sa v jablkách vyskytovali v stopovom množstve. Zmeny boli sledované aj

v obsahu 17 aminokyselín. Obsah threonínu a asparágovej kyseliny klesol, ale serín a prolín boli detekované až po určitom čase fermentácie. [2]

Polyfenolické zlúčeniny ovplyvňujú nielen chuť ale aj ďalšie parametre, ako je antioxidačná aktivita, hnednutie, zrážanie proteínov, redukčný potenciál a kalnosť. Zuriarrain et al. aplikoval fermentačný proces pri teplote 15 °C, pri ktorom zistil, že antioxidačná aktivita a zrážanie proteínov súvisí s celkovým obsahom polyfenolických zlúčenín. Tieto dva parametre zároveň súvisia s tvorbou zákalu a hnednutím. [16]

Fermentáciou pri teplote 21 °C počas 3 týždňov sa zaoberal Laaksonen et al., pri ktorej sledoval vplyv typu fermentácie, stupňa zrelosti jablák, typu kvasiniek a odrody jablák na profil fenolických látok. Bolo zistené, že cidre, ktoré prešli malolaktickým kvasením mali jemnejšiu kyslú chuť. Nezrelé jablká obsahovali viac fenolických látok. [20]

Počas fermentácie dochádza aj k zmenám v obsahu organických kyselín. Zmenami počas fermentácie, ktorá prebieha pri teplote 18 °C 18 dní, sa zaoberal Zhang et al. a sledoval zmeny v množstve organických kyselín a vybraných živín. Bolo zistené, že obsah kyseliny pyrohroznovej sa počas fermentácie zvyšoval. Maximum bolo vyprodukované, keď sa polovica cukru sfermentovala. Obsah kyseliny jablčnej sa počas fermentácie znížil a obsah kyseliny mliečnej rástol. [17]

Požiadavky na nádoby

Na kvasenie sa používajú drevené sudy, sklenené demižóny alebo plastové barely. Dôležitá je nepriepustnosť a mikrobiologická nezávadnosť. Nádoby pred použitím musia byť dobre umyté najskôr horúcou vodou a potom vypláchnuté studenou vodou. Pred použitím musia byť nádoby vysytené oxidom siričitým, ktorý pôsobí konzervačne, a ničí nežiaduce mikroorganizmy. [7]

2.3.6 Čerenie, fľaškovanie a skladovanie

Cider je po fermentácii čerený buď centrifugáciou, mikrofiltráciou alebo filtráciou s kremelinou. Mikrofiltrácia je membránový proces, ktorý je riadený tlakom, používaný na odstránenie usadených častíc prípadne mikroorganizmov väčších ako sú póry membrány. Používa sa ako alternatíva k filtrácii pomocou kremeliny. Častice, ktoré sú väčšie ako póry membrány, vytvárajú na povrchu koláčovú vrstvu. Zákal v cideri je tvorený proteínmi, polyfenolmi a pektínom. Sudový cider, ktorý je číry alebo zakalený, môže byť vyrobený pridaním kvasiniek s flokulačnou alebo bez flokulačnej schopnosti na dosiahnutie požadovaného stupňa karbonizácie. [6, 21]

Kvasinky s flokulačnou schopnosťou sa používajú pri výrobe fľaškového cidera. Počas doby, kedy je cider v tlakovej nádobe, dochádza k tvorbe potrebného množstva oxidu uhličitého. Obsah celého tanku je filtrovaný a fľaškovanie prebieha pod tlakom. [6]

Niektoré druhy fľaškového cidera môžu byť umelo karbonizované, sterilizované sterilnou filtráciou alebo pasterizované pod tlakom pri 82 °C počas 15 – 30 sekúnd a následným schladením na 63 °C. Pri tejto teplote dochádza k plneniu, a potom sa obsahy schladia na okolitú teplotu. [6]

Vo fľašiach dochádza ku kvaseniu, ktoré je ovplyvnené množstvom cukru, kvasiniek, dusíkatých látok a teplotou. Skladovaním pri nižšej teplote je vývoj cidera pomalší, ale výsledok je lepší. Skladovaním dochádza k strate cukru, a tým sa zvyšuje obsah oxidu uhličitého. [7]

2.3.7 Chyby a choroby cidera

Pachuť po sude alebo plesni: Prvotnou príčinou môže byť nesprávne skladovanie prázdneho suda, ktorý bol vlhký alebo bol uložený vo vlhkom prostredí. Ďalšou príčinou môže byť nesprávne vymytie nádoby. [7]

Cider je príliš suchý: Príčinou môže byť nedostatočná zrelosť, zlá kvalita jablák alebo vysoká teplota spracovania. [7]

Pachuť po zhnitých vajciach: Usadenina z rozkladajúcich sa bielkovín je jedna z príčin. Ďalším dôvodom môže byť zle umyté ovocie. [7]

Zelenajúci alebo černejúci cider: Zmeny farby môžu byť zapríčinené tým, že sa do zmesi dostalo jablko, ktoré bolo nahnité, tekutina prišla do kontaktu so železom alebo cideru chýba kyslosť. [7]

Zolejovatený cider: Táto choroba je spôsobená baktériami, ktorých činnosťou dôjde k zhutnutiu kvapaliny. [7]

2.4 Výroba vo svete

Cider môže byť vyrábaný zo 100 % čerstvej jablkovej šťavy a CO₂ v ňom vzniká pri kvasení, alebo sa cider môže vyrábať zo zriedenej šťavy prípadne koncentrátu, ktorý môže byť prisladzovaný alebo umelo sytený CO₂. Kvalitný cider je vyrábaný zo špeciálnych odrôd jablák, ktoré obsahujú viac cukru ako konzumné odrody jablák. Výsledný obsah alkoholu cideru závisí od množstva cukru. Podľa obsahu oxidu uhličitého sa cidre rozdeľujú na tiché (neobsahujú oxid uhličitý a sú úplne prekvasené) a šumivé. [5, 7]

Veľká Británia a Írsko

Patrí medzi najväčších konzumentov v Európe. Krajina je rozdelená na dve výrobné oblasti, a to západnú, kde spracovávajú viac cidrových odrôd, a východnú, kde spracovávajú viac konzumných odrôd. Plnosť cideru dodávajú taníny a cukor. Obsah alkoholu v cideri, ktorý je vyrábaný tradične, je 3,5 – 12 %. Nápoj je kalný a neobsahuje oxid uhličitý. Veľkovýrobcovia produkujú číry nápoj, ktorý je sytený oxidom uhličitým a obsah alkoholu je okolo 7 – 8 %. Hlavné značky vo Veľkej Británii sú Strongbow a Bulmers. [7]

V Írsku sa na výrobu cideru značky Magners používa 17 rôznych odrôd jablák, ktoré sa líšia chuťou. Cider je vyrábaný z írskych tradične pestovaných ciderových jablák a na kvasenie a skladovanie sa používajú dubové sudy. Cider je pred plnením do fliaš filtrovaný a karbonizovaný. Cider má dostatok času na prekvasenie a doba zrenia môže prebiehať až dva roky. [5, 7]

Španielsko a Francúzsko

Cider je tradičný nápoj oblastí severného Španielska a je produkován hlavne v štyroch oblastiach: Astúrii, Baskicku, Galícii a Kantábrii. Cider je vyrábaný z tradičných odrôd jablák severného Španielska. Pri výrobe sa používajú gaštanové sudy a proces kvasenia zahŕňa aj jablčno-mliečne kvasenie. Chuť cideru je ovocná s určitým stupňom kyslosti. Prevažne sa na výrobu používajú kyslé odrody jablák. Asturijský cider má obsah alkoholu 3 – 8 %. Cider je skladovaný v drevených sudoch a prirodzene obsahuje oxid uhličitý. V oblasti Baskicka sa cider podáva z džbánov priamo z drevených zrejúcich sudov. Cider, ktorý sa vyrába ako „prírodný“, je určený len na miestnu spotrebu. [5, 7]

Vo Francúzsku sa na výrobu cideru používajú tradičné metódy, ktoré využívajú buď hrubú filtráciu alebo žiadnu. Jediné prídavné látky, ktoré sú povolené je metabisulfit sodný (s obsahom $\text{SO}_2 < 200$ ppm) a jablčný koncentrát (<10 %). Cidery sú k dispozícii v rôznych fľaškových formách, môžu byť sýtené, nesýtené alebo nefiltrované. Na výrobu sa používajú prevažne horkokyslé a horkosladké jablká. Podľa obsahu cukru sa delia na: extra suché, suché, polosuché a sladké. Extra suchý cider obsahuje 0,5 % w/v zvyškových sacharidov (čo predstavuje 0,5 g na 100 ml). Suchý cider obsahuje 1,5 %, polosuchý 3 % a sladký 5 – 8 % w/v zvyškových sacharidov. [5]

Nemecko, Rakúsko a Švajčiarsko

„Apfelwein“ je tradičné označenie jablčného vína. Najväčšia spotreba v Nemecku je v Rýnsko-Hessenskej oblasti, Sársku, Švábsku. Na výrobu používajú jablká konzumných odrôd a minimálny podiel jablčnej šťavy musí byť 35 %. Chuť vyrobeného cideru je trpká a kyslá. Nemecké cidre sú suché a obsah alkoholu sa pohybuje v rozmedzí 5 – 7 %. [5, 7]

V Rakúsku má cider názov „Most“ alebo „Obstwein“. Cider je vyrábaný z miestnych odrôd z jedného druhu jablka, zo zmesi jablka a hrušky alebo z rôznych odrôd jablka.

Vo Švajčiarsku sa cider vyrába tradičnou francúzskou metódou, kedy sa jablčná šťava zfiltruje nahrubo a nechá sa pomaly kvasiť bez pridania kvasiniek. [7]

Česká republika

V Českej republike má výroba cidra krátku tradíciu. Šťava bola prisladzovaná a pridávala sa do nej čistá kultúra kvasiniek. Fermentácia prebiehala pri 18 °C. Dozrievanie trvalo až 7 mesiacov. Medzi najznámejších českých producentov patrí Magic Apple, Magnetic Apple, Rossbach a F. H. Prager. [7]

2.5 Analytické metódy na stanovenie chemických charakteristík

Na stanovenie chemického zloženia cideru a iných alkoholických nápojov sa využíva rada analytických techník. Najčastejšie využívané budú popísané v tejto kapitole.

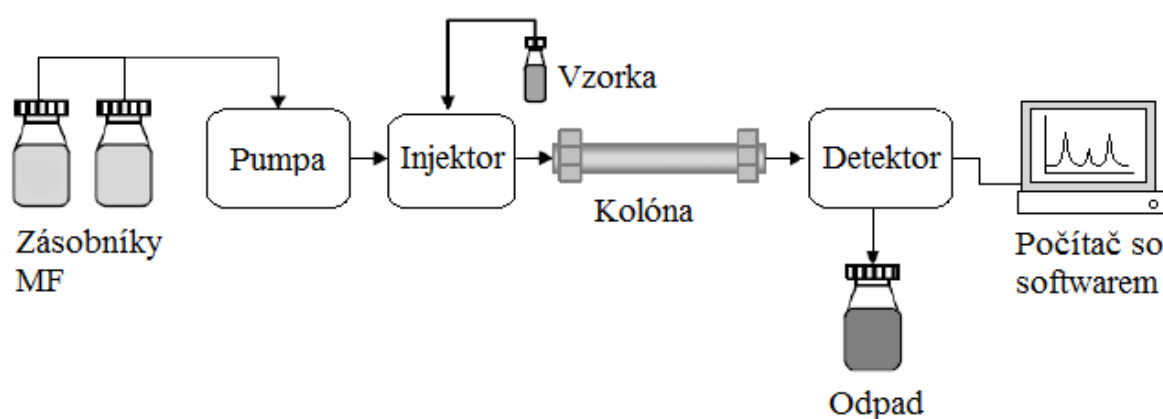
Na prevedenie jednotlivých analýz boli využité inštrumentálne analytické metódy. Vysokoúčinná kvapalinová chromatografia s ELSD detektorom bola použitá na stanovenie sacharidov. Obsah alkoholu bol stanovený pomocou HPLC s RI detektorom. Na analýzu organických kyselín bola použitá iónová chromatografia. Prvková analýza bola uskutočnená na optickom emisnom spektrometri s indukčne viazaným plazmatom. Fenolické látky boli stanovené Folin-Ciocalteuovou metódou a celková antioxidačná aktivita bola stanovená pomocou metódy TEAC, ktorá využíva radikál ABTS. V tejto kapitole budú jednotlivé metódy popísané.

2.6 Separačné techniky

Cider je komplexná matrica, ktorá sa skladá z rôznych typov látok. Na stanovenie jednotlivých chemických charakteristík v cideri, či iných alkoholických nápojoch, sa najčastejšie používa kvapalinová chromatografia a iónová chromatografia. Kvapalinová chromatografia sa najčastejšie používa na stanovenie sacharidov alebo fenolických látok.

2.6.1 Vysokoučinná kvapalinová chromatografia

Kvapalinová chromatografia je separačná metóda, v ktorej mobilnou fázou je kvapalina a využíva interakcie medzi mobilnou fázou, stacionárnou fázou a analytom. Mobilná fáza prechádza kolónou, v ktorej sa nachádza stacionárna fáza. Zmes zložení je separovaná počas prechodu kolónou. Zlúčeniny sú detekované v čase, keď vychádzajú z kolóny. Výsledkom je zaznamenávanie chromatogramu. Moderná kolónová technológia a gradientový elučný systém prispeli k tomu, že komplexné vzorky môžu byť oddelené v krátkom čase. HPLC systém pozostáva zo zásobníkov mobilnej fázy, čerpadiel, ktoré pumpujú mobilnú fázou do kolóny. Nachádza sa tam dávkovacie zariadenie na nástrek vzorky, kolóna, v ktorej prebieha separácia. Detektor sníma eluované zložky zmesi a vyhodnocovací systém získava dáta a zobrazuje výsledný chromatogram. [23]



Obrázok 3: Zjednodušená schéma HPLC

2.6.1.1 Výber systému

V chromatografii s normálnymi fázami (NP-HPLC) sa na separáciu látok používajú stacionárne fázy, ktoré sú polárne (silikagél, polárne chemicky viazané fázy na silikagelovom nosiči), a mobilné fázy, ktoré majú nižšiu polaritu (hexán, chloroform, benzén, toluén a tetrahydrofurán). S rastúcou polaritou analytu sa zvyšuje retencia látok na kolóne. Ako mobilné fázy sa používajú binárne zmesi, ktoré majú odlišnú polaritu. [23, 24, 25]

V obrátenom systéme fázy (RP-HPLC) je mobilná fáza polárna, a teda je to zmes vodnej zložky s polárnym organickým rozpúšťadlom (methanol, acetonitril), ktoré je miesiteľné s vodou. Stacionárna fáza má nepolárny charakter (dlhé uhlíkaté reťazce naviazané na nosiči). Najčastejšie sa používa C₁₈. Systém obrátených fáz so stacionárnou fázou C₁₈ použili vo svojej štúdii Picinelli et al. na stanovenie fenolických zlúčenín. Propylaminová a propylkyanová sa môžu použiť v oboch fázach, ale záleží na zložení mobilnej fázy. [23, 24, 25, 26]

2.6.1.2 Mobilná a stacionárna fáza

Zásobníky mobilnej fázy sú tvorené z inertného materiálu, väčšinou zo skla. Na zásobníku sa nachádza ventil, ktorý umožňuje odvzdušňovanie mobilnej fázy. Trubička, ktorá je ponorená do zásobníka, je vybavená filtrom, ktorý zabraňuje tomu, aby sa prípadné tuhé častice z mobilnej fázy dostali na kolónu. [23]

Stacionárna fáza v chromatografickom systéme predstavuje nepohyblivú zložku, ktorou môže byť tuhá látka alebo film kvapaliny, ktorý je naviazaný na tuhú matricu, tzv. nosič.

Separčný proces prebieha na náplni chromatografickej kolóny, a teda na stacionárnej fáze. Stacionárne fázy sa delia podľa skupenstva (kvapalné, tuhé), polarity (polárne, nepolárne amfoterné) a módu, podľa ktorého prebieha separácia (normálne, reverzné, ionexy, HILIC, HIC, gély). Ďalej sa stacionárne fázy môžu deliť podľa chemického zloženia na anorganické oxidy (silikagél, oxid zirkoničitý, hlinitý, titaničitý), chemicky viazané fázy, ktoré sú na báze silikagelu, polymérne, hybridné a fázy na báze grafitového uhlíka. [24]

Vysoké požiadavky sa kladú na chemickú a tepelnú stabilitu fáz. Stacionárna fáza nesmie reagovať s mobilnou fázou, ani sa v nej rozpúšťať. Ak by dochádzalo k vymývaniu fázy z kolóny, prejavilo by sa to zníženou citlivosťou detekcie alebo by k detekcii nedochádzalo.

Medzi polárne anorganické sorbenty patrí silikagél. Polárny charakter mu udeľujú silanolové skupiny, ktoré sú zároveň aktívnymi centrami. Na povrchu silikagelu môžu byť rôzne rozmiestnené (izolovane, vicinálne, geminálne alebo vo vhodnej polohe sú viazané vzájomne vodíkovými väzbami), čo závisí od spracovania silikagelu. Ďalej sa používajú fázy, ktoré sú viazané chemicky na nosič a majú rôzne výhody. Stacionárna fáza sa nerozpúšťa v mobilnej fáze, nedochádza k vymývaniu z nosiča ani k mechanickému strhávaniu pri vysokom prietoku mobilnej fázy. Na nosič môžu byť naviazané alkylové reťazce rôznej dĺžky od C₂ až po C₃₀. Sú to nepolárne fázy a majú univerzálne použitie pre polárne aj nepolárne analyty. Najrozšírenejšou stacionárnou fázou je chemicky naviazaný alkyl C₁₈. Používajú sa aj fázy s naviazanou aminopropylovou, kyanopropylovou skupinou, či na báze grafitového uhlíka. Stacionárne fázy na báze kovových oxidov sa zaraďujú medzi polárne anorganické sorbenty a v HPLC sa používa oxid zirkoničitý, oxid hlinitý a oxid titaničitý. [24]

2.6.1.3 Čerpadlá

V HPLC sa používajú čerpadlá, ktoré sú schopné za vysokého tlaku pumpovať mobilnú fázu pri primeranom prietoku. Vysokotlakové čerpadlá sú vyrobené zo špeciálnych materiálov, aby odolali vplyvom, ktoré môže spôsobovať mobilná fáza. Náročné požiadavky čerpadiel sú kladené na vstupné tlaky (1 – 100 MPa), zmenu prietoku mobilnej fázy (1 až 100 ml), ktoré sa musia pohybovať v širokom rozmedzí. Vysokotlakové čerpadlá pracujú na konštantnom tlaku (pneumatické čerpadlá) alebo objemovom prietoku. Čerpadlá, ktoré pracujú s konštantným tlakom, využívajú buď tlak plynu alebo hydraulickú kvapalinu, ktorá pôsobí na piest. Čerpadlá, ktoré pracujú s konštantným objemovým prietokom, využívajú mechanický pohon na pohyb piestu. [23, 24]

U piestových čerpadiel je hlava čerpadla tvorená dvomi ventilmi – sacím a výtlačným. Piest poháňaný ťahaním kvapaliny cez sací ventil počas jeho zdvihu spätného chodu a vytlačenie kvapaliny cez výtlačný ventil počas zdvihu dopredu. Frekvencia piestu je taká, aby odpovedala požadovanému prietoku mobilnej fázy systémom. Výhodou je neobmedzené dávkovanie mobilnej fázy na kolónu bez prerušenia toku. [23, 24]

Na rozdiel od piestových čerpadiel je v hlave membránových čerpadiel umiestnená membrána, ktorá umožňuje styk hydraulikkej kvapaliny (najčastejšie olej) s mobilnou fázou na druhej strane membrány. Piest čerpadla stláča hydraulickú kvapalinu a tlak sa prenáša cez membránu na mobilnú fázu, ktorá je vytlačovaná na kolónu pomocou sacieho a výtlačného ventilu. [24]

2.6.1.4 Dávkovanie

Na dávkovanie sa používajú smyčkové dávkovače, ktoré fungujú na princípe prepínacích ventilov, alebo sa používajú automatické dávkovače tzv. autosamplery. Dávkovacie ventily pracujúce za vysokého tlaku umožňujú dávkovanie pri tlaku 60 – 80 MPa. Dávkovače môžu mať rôzne objemy smyčiek, a to od 0,2 – 2000 μ l. Ovládanie dávkovacích ventilov môže byť pneumatické alebo elektrické.

Autosamplery sú spojené so zásobníkom vzoriek, v ktorom sa nachádzajú vialky, čo sú mikronádoby, ktoré sú uzatvorené buď pryžovým septom alebo perforovanou zátkou z polypropylénu. Vialky môžu mať rôzne objemy, najčastejšie však 2 ml.

Na prepojenie injekčnej striekačky dávkovača a zásobníka existuje niekoľko konštrukčných prevedení:

- a) Pohybuje sa iba zásobník vzoriek a ihla injekčnej striekačky dávkovača sa nepohybuje a jej piest je ovládaný krokovým motorom. Podľa typu konštrukcie sa zásobník pohybuje osovo alebo kruhovo (tzv. karusel).
- b) Pohybuje sa ramienko injekčnej striekačky dávkovača v smere osi x-y-z.
- c) Nepohybuje sa ani zásobník ani injekčná striekačka dávkovača. Pod zdvihnutú ihlu injekčnej striekačky dávkovača je vialka dopravená roboticky. [24]

2.6.1.5 Kolóny

Plášť chromatografických kolón je vyrábaný prevažne z nerezovej ocele, ktorý je antikorozívny. Nerezová oceľ je ale málo odolná pri použití takej mobilnej fázy, ktorá obsahuje chloridy, či iné organické rozpúšťadlá, ktoré sú schopné vylúhovať železo z nerezovej ocele (dichlormethan, acetonitril).

Materiál vnútorného povrchu kolóny musí spĺňať určité parametre, aby nedochádzalo k štruktúrnym zmenám analytov:

- a) musí byť odolný voči vysokým tlakom až do 100 MPa, napriek tomu, že pracovný tlak môže byť nižší,
- b) musí byť odolný voči chemickému pôsobeniu mobilnej fázy,
- c) vnútorný povrch by mal byť hladký.

Štruktúra chromatografickej náplne je v strede kolóny odlišná od náplne, ktorá sa nachádza pri stenách kolóny, čím sa zvýši priepustnosť vedľa stien kolóny a rýchlejší tok mobilnej fázy pozdĺž steny. V súčasnosti sa na analytické účely používajú kolóny, ktoré majú vnútorný priemer 2,1 – 5 mm, dĺžku 10 – 300 mm a veľkosti častíc náplne sú v rozmedzí 1 – 10 μ m. [24]

2.6.1.6 Detektory

Za chromatografickou kolónou sú umiestnené detektory, ktoré skúmajú roztoky eluované z kolóny a produkujú elektrický signál, ktorý je úmerný koncentráciám jednotlivých zložiek v roztoku. Využitie detektorov závisí od princípu, citlivosti a ďalších vlastností. [18, 19]

Podľa typu detekcie existujú 4 kategórie detektorov:

- a) Univerzálne detektory: refraktometrický, CAD, ELSD,
- b) Detektory špecifickej vlastnosti vzorky: UV-VIS, fluorescenčný, elektrochemický, rádioaktívny, vodivostný, chemiluminiscenčný-dusíkový,
- c) Detektor na zmenu mobilnej fázy: CAD, MS, ELSD,
- d) Spojené techniky: MS, infračervený, NMR.

Princíp spektrofotometrických detektorov je založený na absorpcii žiarenia v rozmedzí vlnových dĺžok 190 – 800 nm a na kvantitatívne vyjadrenie sa používa Lambert-Beerov zákon. Detektory môžu mať fixnú, meniteľnú alebo programovateľnú vlnovú dĺžku. Pri použití detektorov s programovateľnou vlnovou dĺžkou sa vlnová dĺžka môže meniť počas analýzy. Detektory s diódovým poľom umožňujú snímanie celého spektra bez prerušenia chromatografickej separácie. [23, 24]

Princíp fluorescenčných detektorov je založený na princípe fluorescencie a meraní emisného žiarenia. Fluorescenčný detektor je selektívny a citlivý. Refraktometrické detektory patria medzi najstaršie používané detektory a zaraďujú sa medzi univerzálne. Nevýhodou detektorov je nízka citlivosť detekcie, sú závislé na teplotných odozvách a nemôže sa použiť gradientová elúcia. [23, 24]

Elektrochemické detektory sa používajú na detekciu látok, ktoré umožňujú elektrochemické reakcie na fázovom rozhraní, pričom merajú nejakú elektrickú veličinu (elektrodový potenciál, prúd), ktorá je vyvolaná priechodom látky cez prietokovú celu detektoru. Citlivosť elektrochemických detektorov je porovnateľná s fluorescenčnými detektormi, ale požiadavky na mobilné fázy sú vyššie. Dôraz sa kladie na čistotu, odplynenie a vodivosť. Vodivostné detektory sa zaraďujú k univerzálnym detektorom a umožňujú meranie elektrickej vodivosti eluátu medzi dvomi elektródami v prietokovej cele. Na elektródy je vkladané striedavé napätie, čím sa zabraňuje polarizácii elektród. Vodivostné detektory sa používajú hlavne v iónovej chromatografii. [24]

Univerzálne detektory na bázy aerosolu umožňujú detekciu akéhokoľvek analytu a neberú ohľad na ich fyzikálne či chemické vlastnosti. Princíp fungovania jednotlivých detektorov sa líši princípom detekcie častíc.

- a) ELSD detektor (evaporative light scattering detector): detektor je založený na báze rozptylu svetla, kedy prúd plyného aerosólu sa zrazí s laserovým paprskom, ktorý je kolmý na smer prúdenia plynu. Svetlo je rozptýlené časticami. Intenzita rozptylu svetla je meraná fotonásobičom. ELSD má limitovaný dynamický rozsah a kalibračné krivky poskytuje v tvare polynómov. [24, 25]
- b) CAD detektor (charged aerosol detector): elektróda, na ktorú je privádzané vysoké napätie, je umiestnená v kolíznej komôrke a na nej vzniká koronový náboj. Do kolíznej komôrky sa súčasne privádza aj nosný plyn, ktorý sa na elektróde nabíja kladne a mieša sa s aerosolom, čím mu odovzdáva svoj kladný náboj. Aerosol je hnaný cez ionovú pascu, kde sa odstráni nadbytok kladne nabitých častíc nosného plynu a mobilnej fázy. Elektrometer meria prúd, ktorý vzniká, keď kladne nabité častice analytu prúdia do kolektoru a odovzdávajú mu svoj náboj. [24, 25]

Výhodami univerzálnych detektorov je univerzálna detekcia netekavých analytov a jednoduchosť ovládania. Nevýhodou je závislosť odpovede detektoru na mobilnej fáze, ako je citlivosť na prítomnosť aditív alebo iných zložiek mobilnej fázy. Široké uplatnenie detektorov je v oblasti potravinárskej a farmaceutickej analýzy. [24]

Sacharidy sa zaraďujú medzi polárne látky, a preto sa na stanovenie používajú univerzálne detektory ako RI, ELSD alebo CAD. Výber módu separácie závisí od matrice vzorky, cieľa separácie a od rozpustnosti analytu v rozpúšťadlách. [27]

2.6.2 Iónová chromatografia

Metóda je založená na silných elektrostatických interakciách medzi ionizovanými funkčnými skupinami stacionárnej fázy a opačne nabitými iónmi v roztoku. Počet a veľkosť náboja analytu a funkčnej skupiny určuje silu interakcie. So zvyšujúcou sa koncentráciou iónov v mobilnej fáze sú ióny analytu eluované z kolóny podľa stúpajúcej afinity iónov k stacionárnej fáze. Jeden z dôležitých aspektov iónovej separácie je ten, že vždy musí byť dosiahnutá elektroneutralita. Vplyv pH a iónová sila mobilnej fázy majú vplyv na veľkosť retenčných faktorov.

Ako stacionárna fáza môžu byť použité rôzne typy iónomeničov:

- a) Iónomenič, ktorý je povrchovo porézny a je nanesený na pórovitý nosič,
- b) Mikropartikulárny iónomenič s organickou matricou (ionexové živice): môžu to byť ionexy styrenového alebo akrylátového typu,
- c) Chemicky viazané iónomeniče na silikagéli.

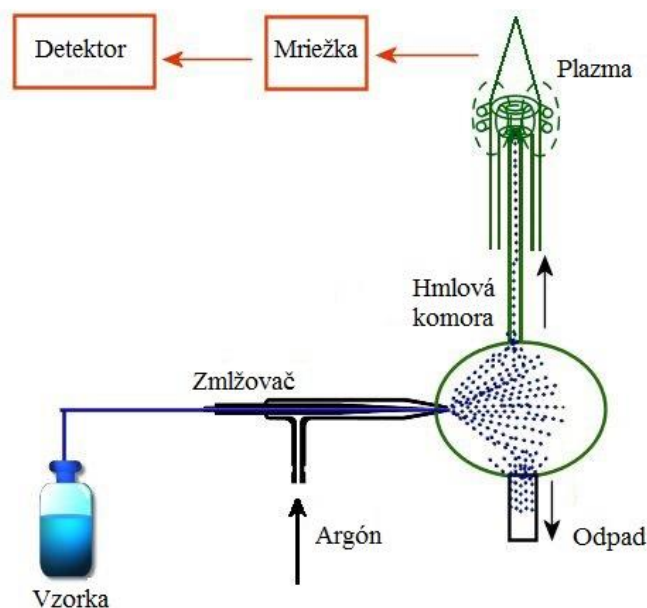
Ionexy sa delia podľa funkčnej skupiny, ktorá sa vymieňa, na anexy a katexy. Katexy sú záporne nabité, vymieňajú kationy a sú nerozpustné polymérne kyseliny. Anexy sú kladne nabité, vymieňajú anióny a sú nerozpustné polymérne bázy. Matrica ovplyvňuje chovanie iónomeničov s organickou matricou (živcou). Vlastnosti pórov sú určené stupňom zosieťovania kopolymérov. Živicové iónomeniče majú nižšiu účinnosť, ale vyššiu selektivitu a výmennú kapacitu ako meniče, ktoré sú chemicky naviazané na silikagéli. [24, 28]

Iónová chromatografia sa zaraďuje medzi najstaršie používané techniky v kvapalnej fáze a používa sa napríklad na stanovenie aminokyselín, separáciu kationov a aniónov vo vodách, separáciu karboxylových kyselín vo víne, nukleových kyselín a peptidov. [24, 28]

2.7 Prvková analýza ciderov a iných alkoholických nápojov

2.7.1 Optická emisná spektrometria s indukčne viazaným plazmatom

Jedná sa o techniku prvkovej analýzy, pri ktorej sa meria emisia excitovaných atómov a iónov vyžiarená pri ich prechode späť do základného stavu. Má široký lineárny koncentračný rozsah a kladie menšie nároky na riedenie vzoriek. Umožňuje stanovenie 73 prvkov, pri vhodnom rozlíšení spektrometra vykazuje vysokú selektivitu, vysokú citlivosť, má nízku medzu detekcie, umožňuje rýchle simultánne a flexibilné sekvenčné stanovenie. [29]



Obrázok 4: schematické zobrazenie ICP-OES [30]

2.7.1.1 Plazma ako zdroj

Plazma sa používa ako zdroj atomizácie a excitácie. Je definovaná ako plynná zmes obsahujúca významné koncentrácie elektrónov, iónov, neutrálnych častíc v základnom stave, excitovaných častíc a neutrónov. Plazma sa javí ako elektricky neutrálna, ale kladné a záporné náboje častíc musia byť vyrovnané. Vďaka tomu, že obsahuje nabité častice, je vodivá. Teplota plazmy je vysoká, čoho výsledkom je účinná atomizácia. V indukčne viazanom plazmate sa energia vysokofrekvenčného generátora prenáša na prúd plynu pri atmosférickom tlaku. Horák pozostáva z dvoch trubíc vycentrovaných v medenej cievke. [28, 29, 31]

Voľné elektróny získavajú energiu v plazmovej hlavici z elektromagnetického poľa indukčnej cievky. Ionizácia iskrového výboja vyvolá výboj ICP. Elektróny, ktoré sa uvoľnia, sú urýchlené elektromagnetickým poľom a dochádza k ďalšej ionizácii pracovného plynu. Ionizovaný plyn pokračuje do plazmovej hlavice, ktorá je tvorená tromi usporiadanými trubicami, v ktorých prúdi pracovný plyn. Ako pracovný plyn sa používa prevažne argón. Nositeľom výboja je vonkajší plazmový plyn. Plazma od strednej trubice je izolovaná stredným plazmovým plynom a vzorka je transportovaná nosným plynom. [29]

2.7.1.2 Zavádzanie vzorky do plazmatu

Vzorka je do plazmatu zavádzaná v podobe aerosólu. Vzorka je zvlhčená zmlžovačom. Najviac používané sú pneumatické zmlžovače, ktoré sú závislé od prietoku nosného plynu. Prúdiaci plyn pôsobením na kvapalinu vytvára aerosól. V hmllovej komore dochádza k odparovaniu rozpúšťadla a vzorka je ďalej transportovaná do plazmatu. Tvorba aerosólu, ktorý je generovaný pneumatickými zmlžovačmi, závisí od rýchlosti prúdenia a objemového prietoku pracovného plynu. Medzi zmlžovače, ktoré môžu byť použité, patrí tepelný zmlžovač, ktorý vytvára aerosól nárazovým ohrevom a ultrazvukový zmlžovač. [29]

Vzhľadom k výboju ICP sa žiarenie meria v dvoch smeroch, a to buď kolmo k ose výboja (radiálne) alebo pozdĺž osi výboja (axiálne). Prístroje umožňujú axiálne, radiálne alebo oba

merania. Výhodou axiálneho merania sú nižšie detekčné limity. Signál sa meria pri optimálnych podmienkach zdroja ICP, ako je: príkon do plazmatu P, prietok vonkajšieho plazmového plynu, prietok stredného plazmového plynu, prietok nosného plazmového plynu a rýchlosť čerpania vzorky do zmlžovača. [28, 29]

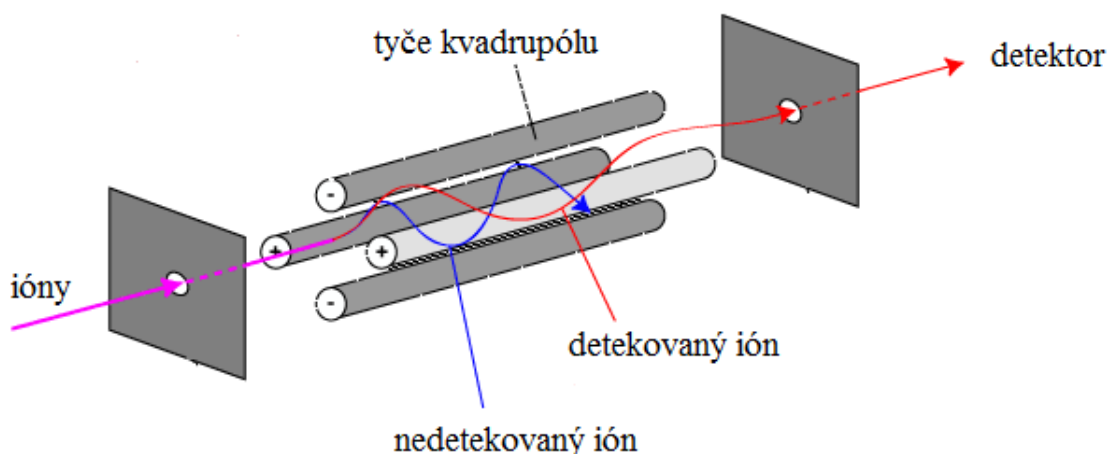
2.7.1.3 Detektory a optické zariadenie

Spektrometre sa používajú na separáciu žiarenia podľa vlnových dĺžok a na meranie emisie spektrálnych čiar. ICP spektrometre využívajú zrkadlovú optiku. Zobrazovacie sústavy využívajú odraz a lom žiarenia. Spektrálne prístroje na rozklad svetla podľa vlnových dĺžok používajú hranol s echelle mriežkou kvôli lepšej rozlišovacej schopnosti, keďže samotný hranol by nebol dostačujúci. Ak na optickú mriežku (veľké množstvo pravidelných a husto rozložených štrbín) dopadá rovnobežný zväzok svetla, tak všetky štrbiny sa stanú zdrojmi elementárneho vlnenia. ICP spektrometre využívajú mriežky ako Czerny-Turner alebo Paschen Runge. Spektrometer, ktorý využíva echelle optiku, má vyššie rozlišovacie schopnosti pri malej stavbej dĺžke. Emisné žiarenie prechádza z horáka cez optický systém, ktorý produkuje dvojrozmerné spektrum a zameriava ho na detektor. [28, 29]

ICP-OES využíva detektory, ktoré sú schopné merať kontinuálne emisné spektrá. Využíva sa niekoľko typov detektorov, a to fotonásobiče, CID (charge injection device) a CCD (charge-coupled device). Oba detektory sú citlivé na svetlo a generujú náboj, keď sú zasiahnuté žiarením. Veľkosť náboja je úmerná intenzite dopadajúceho žiarenia. Rozdiel medzi detektormi je v čítaní pixelov. U CCD detektorov sú pixely čítané postupne z každého radu. U CID detektorov sú dáta z každého individuálneho pixelu pozbierané a čítané nezávisle. [28]

2.7.2 ICP-MS

Hmotnostná spektrometria je inštrumentálna analytická technika, ktorá poskytuje informácie o molekulovej hmotnosti. Generuje ióny z atómov alebo molekúl analytu, separuje ich na základe pomeru ich hmotnosti a náboja. Prvky alebo zlúčeniny sa musia nachádzať v plynnom skupenstve, aby mohli byť ionizované. Spojenie indukčne viazaného plazmatu s hmotnostnou spektrometriou umožňuje meranie prvkov, ktoré majú veľmi nízke detekčné limity. [23, 28]



Obrázok 5: Nákres kvadrupolového analyzátoru a pohyb iónov

Indukčne viazaná plazma je zdrojom iónov pre hmotnostnú spektrometriu. Je veľmi efektívna pri atomizácii a ionizácii. Prúd horúceho plynu je privádzaný do hmotnostného spektrometra

na analýzu. Intenzita signálu je úmerná koncentrácii analytu vo vzorke. Detekčný limit analyzovaných prvkov pomocou ICP-MS je nižší ako u iných atómových techník. [23] Ióny, ktoré sú generované plazmatom za atmosférického tlaku, sú prenesené do hmotnostného spektrometra pracujúceho za vysokého vákuu. Ióny sú transportované cez dva kónusy, medzi ktorými sa nachádza čiastočné vákuum. [28]

Hmotnostný analyzátor

Ióny sa z iónového zdroja presúvajú do hmotnostného analyzátora, kde dochádza k ich separácii na základe pomeru hmotnosť-náboj. Medzi najčastejšie používané analyzátory sa používa kvadrupolový analyzátor, ktorý pozostáva z dvoch dvojíc paralelných tyčí generujúcich oscilujúce elektrostatické pole. Ako ióny prechádzajú poľom, odkláňajú sa podľa toho, ako ich pomer m/z reaguje s poľom. Ak ióny nemajú správny pomer m/z , tak podliehajú nestabilnej oscilácii. Amplitúda oscilácie sa zväčšuje, až kým častice nenarazia na jednu z tyčí. Ióny so správnym pomerom m/z podliehajú stabilnej oscilácii s konštantnou amplitúdou a prechádzajú cez štrbinu detektoru do detektoru, kde sa generuje elektrický signál. [23, 32]

Medzi ďalšie používané patrí analyzátor doby letu (TOF – time of flight). Analyzátor separuje ióny na základe toho, ako rýchlo sa pohybujú cez driftovaciu trubicu, v ktorej sa nachádza silné elektromagnetické pole. Ľahšie fragmenty sa pohybujú rýchlejšie ako ťažšie fragmenty a odlišné hmotnosti sú detekované v odlišných časoch. [23] Iónová pasca pracuje na podobnom princípe ako kvadrupól, ale využíva tri elektródy (dve hyperbolické a jednu kruhovú), a tým vytvára trojrozmerné premenlivé radiálne pole. V poli sa zachytia častice len s odpovedajúcim pomerom m/z . [25]

Iónový detektor

Úlohou iónového detektora je generovať merateľný elektrický signál pre každý ión, ktorý prechádza z hmotnostného analyzátora do štrbiny detektora. Na detekciu sa používa elektronásobič, ktorého funkcia spočíva v zosilnení signálu. Dopad meraného iónu na povrch elektronásobiča spôsobí vypúdenie ďalších elektrónov, ktoré sú smerované elektrickým poľom k ďalším elektródam. [23, 32]

2.8 Metódy na stanovenie antioxidačnej aktivity a celkových polyfenolov

2.8.1 Metóda TEAC používajúca radikál ABTS

Metóda TEAC patrí medzi najčastejšie používané metódy na stanovenie celkovej antioxidačnej aktivity. Metóda je založená na schopnosti vzorky zhasť kation-radikál $ABTS^{•+}$ (2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenothiazol-6-sulfonát). Výsledná antiradikálová aktivita vzorky je porovnávaná s antiradikálovou aktivitou syntetickej látky Troloxu (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). Zhasenie radikálu $ABTS^{•+}$ sa meria na základe zmien absorpčného spektra spektrofotometricky pri 600 – 750 nm, najčastejšie však pri 734 nm. Ak je ABTS oxidované v prítomnosti H_2O_2 a methmyoglobínu merajú sa hydrofílné antioxidanty. Ak je radikál ABTS pripravený filtráciou roztoku ABTS cez prášok oxidu manganičitého, merajú sa lipofilné antioxidanty. Antioxidant sa môže pridávať do reakčnej zmesi, v ktorej už radikál bol vytvorený, alebo je antioxidant už prítomný v zmesi, keď sa radikál vytvára. [33, 34]

2.8.2 Folin-Ciocalteuova metóda

Stanovenie celkových fenolických zlúčenín je založený na oxidačno-redukčných vlastnostiach, kde fenolické zlúčeniny pôsobia ako redukčné činidlo a poskytujú vodíkový radikál alebo elektrón. Folin-Ciocalteuova spektrofotometrická metóda sa používa na stanovenie obsahu celkových fenolických zlúčenín v rastlinných extraktoch a šťavách. [35]

Folin-Ciocalteuove činidlo obsahuje wolframan sodný, molybdenan sodný, vodu, koncentrovanú kyselinu chlorovodíkovú, kyselinu fosforečnú a síran lítny. Stanovenie fenolických zlúčenín je založené na redukcii Mo^{6+} na Mo^{5+} , ktoré je sprevádzane vznikom modrých zlúčenín a meria sa najčastejšie pri vlnových dĺžkach 750 - 765 nm. Zmes folin-Ciocalteuovho činidla a fenolických zlúčenín je stabilná v kyslom prostredí, ale nestabilná v alkalickom prostredí. Folin-Ciocalteuova metóda je jednoduchá metóda, ktorá nevyžaduje špeciálne zariadenie. Hoci metóda poskytuje predvídateľné výsledky, tie môžu byť ovplyvnené nefenolickými redukujúcimi molekulami. Celkové polyfenoly vo vzorke sú vyjadrené ako ekvivalent kyseliny galovej. [33, 36, 37]

2.9 Analýza rozptylu

Pre účely spracovania a porovnávania väčšieho množstva dát sa používa analýza rozptylu ANOVA. Zaraďuje sa k základným štatistickým metódam, ktoré sa používajú pri vyhodnocovaní vzťahu medzi závislými a nezávislými premennými experimentálnych dát. Je to technika, ktorá bola navrhnutá na rozdelenie celkovej odchýlky v súbore údajov na jej súčasti. Používa sa, keď chceme posúdiť, či sledovaný štatistický znak závisí od iného znaku, podľa ktorého bol sledovaný znak rozdelený do skupiny. Cieľom je rozloženie celkovej variability sledovaného znaku na variabilitu, ktorá patrí vplyvu, na základe ktorého bolo urobené triedenie hodnôt. Pri jednorozmernej analýze rozptylu sa sleduje jeden parameter a variabilita sa vyjadruje pomocou celkového súčtu štvorcov. Viacrozmerná analýza sleduje viac premenných a variabilita je vyjadrená pomocou matic. [38, 39]

2.10 Analýza hlavných komponent

Analýza hlavných komponent je viacrozmerná technika, ktorej účelom je odvodiť malý počet nezávislých lineárnych kombinácií (hlavných komponent) zo súboru meraných veličín. Identifikuje podstatné znaky vo veľkom počte dát, a zároveň zvyrazňuje ich podobnosť a odlišnosť. Metóda slúži na zníženie počtu dimenzií, aby došlo čo k najmenšej strate informácii. Nové dáta, ktoré vzniknú, sú navzájom nekorelované. [40, 41]

3 CIELE PRÁCE

Cieľom práce bol vývoj kvasnej technológie na stanovenie optimálnych podmienok kvasenia na výrobu cideru za laboratórnych podmienok, pri ktorých bola použitá iba kvasinková kultúra. Ďalším cieľom bolo skúmanie vybraných chemických a senzorických charakteristík ciderov vyrobených z vybraných odrôd jablák. Na posúdenie štatisticky významných rozdielov bola použitá analýza rozptylu.

4 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

4.1 Laboratórne vybavenie

4.1.1 Prístroje

- Optický emisný spektrometer s indukčne viazaným plazmatom, ULTIMA 2 (Horiba scientific)
- Iónový chromatograf 850 Professional IC (Metrohm, Switzerland)
- HPLC Agilent 1260 Infinity
- HPLC Ultimate 3000
- Abbeho refraktometer (Zeiss, Nemecko)
- UV/VIS spektrofotometer Helios γ (ThermoSpectronic, Veľká Británia)
- Analytické váhy Kern AES 200-4C (Nemecko)
- Ultrazvuk PS 02000
- Lis na ovocie (Vares, Česká republika)
- Soda stream

4.1.2 Pomôcky

- Bežné laboratórne sklo
- Plastové skúmavky (10 ml)
- Centrifugačné skúmavky (50 ml)
- Injekčné striekačky
- Mikrofiltre s celulózovým filtrom s priemerom 0,45 μm
- Mikropipety, špičky
- Mikrostriekačka pre HPLC
- Sklenené vialky, septa

4.1.3 Chemikálie

- Pyrosiričitan draselný (Lachema, Česká republika)
- Ethanol 96 % (VWR chemicals, Francúzsko)
- Kyselina sírová 96% (Penta, Česká republika)
- Ethanol 99,8 % (Lach-ner, Česká republika)
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Sigma-Aldrich, Švajčiarsko)
- bezvodý uhličitan sodný (Lachema, Česká republika)

Použité štandardy a chemikálie na analýzu organických kyselín: $1\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

- Malát štandard (Fluka, Švajčiarsko)
- Acetát štandard (Fluka, Švajčiarsko)
- Laktát štandard (Fluka, Švajčiarsko)
- Sukcinát štandard (Fluka, Švajčiarsko)

Použité chemikálie na stanovenie sacharidov:

- D-glukosa (Sigma-Aldrich, Švajčiarsko)
- D-fruktosa (Sigma-Aldrich, Švajčiarsko)
- D-sacharosa (Sigma-Aldrich, Švajčiarsko)

Použité prvkové štandardy na prvkovú analýzu: $1\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

K, Na, Mg, Ca, Al, Cu, Fe, Zn, P, Mn (ASTASOL Analytika Praha, Česká Republika)

4.2 Príprava vzoriek

Na výrobu cideru boli použité 4 odrody jablák po 20 kg (Granny Smith, Golden Delicious, Jonaprince a Jonagold), ktoré boli zakúpené od spoločnosti Jihofrukt (Velké Bílovice, Česká republika), ktorá sa zaoberá chladením, skladovaním a predajom. Jablká boli skladované s využitím technológie ULO (ultra low oxygen) pri teplote v rozmedzí 0,7 – 1 °C. Odrody boli vybrané podľa českého štatistického úradu ako najrozšírenejšie pestované. Golden Delicious je zaradená do sladkej skupiny, Granny Smith do kyslej skupiny, Jonagold a Jonaprince sú zaradené do sladko-kyslej skupiny.

4.2.1 Výroba cideru v laboratórnych podmienkach

Jablká boli umyté, rozkrájané na štvrtiny a zbavené jadierok. Štvrtiny jablák boli vhodnené do drviča na ovocie a rozdrvené jablká boli odvážené. Po odvážení boli jablká vylisované na hydraulickom lise a šťava bola odoberaná do plastových nádob. Po vylisovaní bola šťava odvážená a bol do nej pridaný pyrosiričitan draselný, ktorý bol prepočítaný podľa hmotnosti na koncentráciu 100 mg·l⁻¹. Po 24. hodinách bola zasírená šťava rozdelená na dve časti a podľa hmotnosti boli pridané ciderové kvasinky. Množstvo kvasiniek bolo prepočítané podľa jednotlivých hmotností, kde výrobca uvádzal maximálne použitie 9 g kvasiniek na 23 litrov (Mangrove Jack's, Nový Zéland). Pred pridaním kvasiniek boli odobrané vzorky jablkovej šťavy a bola odmeraná rozpustná sušina refraktometricky. Fermentácia prebiehala do úplného ukončenia kvasného procesu indikovaného ukončenou produkciou oxidu uhličitého. Kvasenie prebiehalo pri teplote 18 °C. Po piatich dňoch kvasenia bola denne refraktometricky kontrolovaná sušina. Po ukončení kvasenia bol cider stočený do litrových PET fliaš, čím bol produkt oddelený od kvasničnej sedliny. Cider bol ponechaný dva týždne v chladničke na odležanie.

4.2.2 Príprava vzoriek na analýzu

Po odležaní cideru boli vzorky pripravené na chemickú a senzorickú analýzu. Na senzorickú analýzu bolo použitých celkom osem vzoriek. Z každej odrody bola analyzovaná prirodzená a naperlená verzia, kde bola sledovaná farba, chuť, vôňa a celkový vzhľad.

Vzorky na chemickú analýzu boli filtrované pomocou injekčnej striekačky cez mikrofilter a boli rôzne nariadené deionizovanou vodou na stanovenie jednotlivých analytov.

Na analýzu organických kyselín pomocou IC a analýzu sacharidov pomocou HPLC boli vzorky nariadené päťkrát. Na prvkovú analýzu pomocou ICP-OES boli vzorky nariadené dvakrát. Na stanovenie alkoholu boli vzorky nariadené desaťkrát. Na stanovenie fenolických látok a antioxidačnej aktivity vzorky neboli riedené.

4.3 Popisy stanovenia jednotlivých charakteristík

4.3.1 Stanovenie výťažnosti a rozpustnej sušiny refraktometricky

Odrody boli pokrújané na štvrtiny a boli zbavené jadierok. Po drvení a po lisovaní boli jednotlivé odrody odvážené. Z hmotností bola určená percentuálna výťažnosť. Na určenie výťažnosti sa brala hmotnosť po drvení, pretože presunom z drviča do vedierok dochádzalo k stratám.

Pred meraním bola na refraktometri skontrolovaná nulová poloha. Rozpustná sušina bola stanovená refraktometricky tak, že Pasteurovou pipetou bola na spodný hranol nanesená vzorka a bol odmeraný index lomu. Každé meranie bolo spravené trikrát, z ktorého bola vypočítaná priemerná hodnota. Priemerná hodnota indexu lomu bola nájdená v tabuľke a bolo určené hmotnostné percento rozpustnej sušiny.

4.3.2 Stanovenie organických kyselín

Príprava kalibračnej krivky

Kalibračné roztoky na analýzu organických kyselín boli pripravené zo štandardov jednotlivých kyselín, ktoré boli uvedené v kapitole 4.1.3. Roztoky boli pripravené v koncentračnom rozmedzí 10, 20, 50 a 100 mg·l⁻¹. Do odmerných baniek bol napipetovaný vypočítaný objem jednotlivých štandardov a banky boli doplnené deionizovanou vodou po rysku.

Organické kyseliny boli vo vzorkách analyzované pomocou iónovej chromatografie. Pomocou prístroja 850 Professional IC bola stanovená kyselina jablčná, jantárová, mliečna a octová.

Tabuľka 5: Parametre prístroja použitého na stanovenie organických kyselín

Názov a typ prístroja	850 Professional IC (Metrohorm, Švajčiarsko)
Prietok MF	0,6 ml/min
Zloženie MF	0,5 mmol/l HClO ₄
Tlak	5,2 MPa
Teplota	30 °C
Typ kolóny	Metrosep Organic Acid-250/7.8
Detektor	Vodivostný detektor (850 Professional IC)

4.3.3 Prvková analýza

V cideroch bolo meraných 5 makroprvkov: Na, K, Mg, Ca a P, a 5 mikroprvkov: Fe, Cu, Mn, Zn a Al. Prvková analýza bola uskutočnená pomocou prístroja Horiba Jobin Yvon, typ Ultima 2.

Tabuľka 6: parametre prístroja na stanovenie prvkov

	Mikroprvky	Makroprvky	
Výkon	1400	1200	W
Otáčky pumpy	18	15	ot/min
Prietok plazmového plynu	14	14	l/min
Prietok tieniaceho plynu	0,5	0,8	l/min
Tlak na zmlžovači	3	3	bar
Detektor	fotonásobič		

4.3.4 Stanovenie celkových fenolických látok Folin-Ciocalteuovou metódou

Do skúmavky bol napipetovaný 1 ml destilovanej vody, 1 ml desaťkrát zriedeného Folin-Ciocalteuova činidla a 100 µl vzorky. Po piatich minútach bol pridaný 1 ml uhličitanu sodného a po tridsiatich minútach bola meraná absorbanca pri 750 nm. Pri príprave slepej vzorky bolo namiesto vzorky pipetovaných 100 µl destilovanej vody.

Celkový obsah fenolických látok, vyjadrený prostredníctvom kyseliny gallovej (GAE), bol vypočítaný podľa rovnice:

$$A=0,0027c \quad (1)$$

4.3.5 Stanovenie celkovej antioxidačnej aktivity

Roztok ABTS bol pred samotným meraním nariadený so 60% roztokom ethanolu v kadičke, ktorá bola opatrená alobalom, aby sa zamedzilo svetelnej degradácii, na absorbanciu $0,7 \pm 0,02$ pri vlnovej dĺžke 734 nm. Ako slepá vzorka bol použitý 60% roztok ethanolu. Do kyvety bolo napipetovaných 1 ml roztoku ABTS a 10 μ l vzorky. Roztok bol premiešaný a bola zmeraná absorbancia, ktorá bola zapisovaná po minúte celkom 14 minút. Na výpočet antioxidačnej aktivity bola použitá absorbancia v dvanástej minúte, pretože došlo k ustáleniu hodnôt. Počiatočná absorbancia roztoku A_0 , od ktorej sa odčítavala zmeraná absorbancia vzorky, bola zmeraná pripravením roztoku, ktorý pozostával z 1 ml upraveného roztoku s ABTS a 10 μ l 60% roztoku ethanolu.

Celková antioxidačná aktivita, vyjadrená prostredníctvom Troloxu, bola vypočítaná podľa rovnice:

$$A=1,1414c \quad (2)$$

4.3.6 Stanovenie alkoholu

Príprava mobilnej fázy

Ako mobilná fáza bol použitý 5mM roztok kyseliny sírovej, ktorý bol pripravený zmiešaním Milli-Q vody a 0,55 ml 96% kyseliny sírovej na objem dva litre.

Príprava kalibračnej krivky

Kalibračné roztoky na analýzu ethanolu boli pripravené v koncentračnom rozmedzí 0,1; 1; 2; 3 a 4 % obj. Do odmerných baniek bol napipetovaný vypočítaný objem ethanolu a banky boli doplnené Milli-Q vodou po rysku.

Vzorky ciderov boli prefiltrované cez mikrofíter do eppendorfovej skúmavky, ktorá bola následne odplynená pomocou ultrazvuku. Do 100 μ l mikrostriekačky bolo nabraných 10 μ l vzorky a 90 μ l Milli-Q vody. Po spustení príslušného programu na počítači sa urobil priamo nástrek na kolónu. Kalibračná krivka aj vzorky boli analyzované na prístroji HPLC Ultimate 300 s RI detektorom. Parametre merania sú popísané v Tabuľke 4.

Obsah ethanolu bol vypočítaný podľa rovnice:

$$Area=17,062c+0,2767 \quad (3)$$

Tabuľka 7: Parametre prístroja na stanovenie ethanolu

Názov a typ prístroja	HPLC Dionex Ultimate 3000
Objem nástreku	10 μ l
Prietok MF	0,6 ml/min
Zloženie MF	5mmol/l H ₂ SO ₄
Teplota	60 °C
Kolóna	Rezex ROA-Organic Acid H+
Detektor	RI
Doba analýzy	25 min

4.3.7 Stanovenie sacharidov

Príprava kalibračnej krivky

Kalibračné roztoky na analýzu sacharidov boli pripravené zo štandardov jednotlivých sacharidov, ktoré boli uvedené v kapitole 4.1.3. Roztoky boli pripravené v koncentračnom

rozmedzí 100, 200, 300 a 500 mg·l⁻¹. Do odmerných baniek bolo navážené vypočítané množstvo jednotlivých štandardov a banky boli doplnené deionizovanou vodou po rysku.

Vzorky boli analyzované pomocou vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie s ELSD detektorom. Vo vzorkách bola stanovovaná glukóza, fruktóza a sacharóza. Meranie sacharidov bolo uskutočnené na prístroji HPLC Agilent 1260 Infinity.

Tabuľka 8: Parametre prístroja na stanovenie sacharidov

Názov a typ prístroja	HPLC 1260 Agilent Infinity	
Objem nástreku	10 µl	
Prietok MF	1 ml/min	
Zloženie MF	75 % acetonitril, 25 % H ₂ O	
Kolóna	Typ	Prevail Carbohydrate ES
	Veľkosť častíc	5 µm
	Rozmery	250 mm x 4,6 mm
Detektor	Typ	ELSD
	Prietok zmlžovacieho plynu	1,3 l/min N ₂
	Zmlžovacia teplota	85 °C
	Odparovacia teplota	85 °C

Obsah glukózy bol vypočítaný podľa rovnice:

$$Area=0,0021 c^2+0,3570 c+16,3590 \quad (4)$$

Obsah fruktózy bol vypočítaný podľa rovnice:

$$Area=0,0047 c^2+0,7268 c+7,9130 \quad (5)$$

Obsah sacharózy bol vypočítaný podľa rovnice:

$$Area=0,0036 c^2+0,5765 c+14,2582 \quad (6)$$

4.4 Štatistická analýza dát

Na posúdenie rozdielov v cideroch vyrobených zo 4 rôznych odrôd bola použitá ANOVA pomocou. Ako hladina štatistickej významnosti bola zvolená 95 %.

Na posúdenie vplyvu na chemické a senzorické vlastnosti jednotlivých odrôd bola použitá analýza rozptylu, ktorá slúžila na určenie štatisticky významných rozdielov medzi jednotlivými odrodami a bola postavená na dvoch hypotézach. Nulová hypotéza H_0 určovala, že rozdiely medzi skupinami nie sú štatisticky významné. Alternatívna hypotéza H_1 bola určená ako opak H_0 . Interval spoľahlivosti bol nastavený na 95 %. Ak je hodnota $P < 0,05$, je prijatá alternatívna hypotéza. Pomocou krabicových grafov boli zobrazené priemerné hodnoty a rozptyl dát. Tato štatistická analýza bola realizovaná pomocou softwaru Excel (Microsoft, USA) a XLSTAT (Addinsoft, Francúzsko).

5 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimenty tejto diplomovej práce zahrňujú vybrané chemické charakteristiky: analýza organických kyselín, sacharidov, prvkov, fenolické látky, antioxidačná aktivita, alkohol, a senzorické charakteristiky: farba, chuť, vôňa a vzhľad. Vzorky boli pripravené podľa kapitoly 3.2.2. Rozdiely boli posudzované na základe P hodnoty na hladine významnosti 0,05.

5.1 Stanovenie výťažnosti a rozpustnej sušiny v mušte

Veľká výťažnosť šťavy je dôležitým parametrom pri výrobe ciderov a prejaví sa prevažne s prechodom do prevádzkového meradla. Výťažnosť a rozpustná sušina bola stanovená podľa postupu v kapitole 4.3.1. V tabuľke 9 sú uvedené hmotnosti jednotlivých odrôd po drvení a po lisovaní, z ktorých bola vypočítaná percentuálna výťažnosť.

Rozpustná sušina bola stanovená v jablkovej šťave pred pridaním kvasiniek a vo výslednom produkte. Pre každú odrodu boli namerané tri hodnoty indexu lomu a z priemernej hodnoty bolo určené hmotnostné percento rozpustnej sušiny. Výsledky sú uvedené v tabuľke 10.

Tabuľka 9: Výťažnosť jednotlivých odrôd

	$m_{\text{po drvení}}$ [kg]	$m_{\text{po lisovaní}}$ [kg]	Výťažnosť [%]
Granny Smith	17,4	9,9	57,13
Golden Delicious	18,1	10,0	55,36
Jonagold	18,0	11,2	62,36
Jonaprince	19,1	12,0	62,84

Z tabuľky 9 vyplýva, že najvyššiu výťažnosť sa podarilo získať lisovaním odrody Jonaprince 62,84 % a najnižšia výťažnosť bola získaná lisovaním odrody Golden Delicious 55,36 %. Rozdiel medzi týmito odrodami je 7,48 %. Nízka výťažnosť bola určená aj pri odrode Granny Smith a to 57,13 % . Jablká týchto dvoch odrôd boli tvrdšie, čo sa prejavilo nielen pri krájaní, ale aj pri lisovaní. Výťažnosť šťavy je ovplyvnená odrodou, stupňom zrelosti a podmienkami lisovania. Na zlepšenie výťažnosti sa používajú enzýmy, kedy môže dôjsť k zvýšeniu výťažnosti až na 80 %. [42]

Tabuľka 10: Obsah rozpustnej sušiny

	$n_{\text{jablková šťava}}$	Obsah sušiny [hm. %]	n_{cider}	Obsah sušiny [hm. %]
Granny Smith	1,3505	11,73	1,3390	4,13
Golden Delicious	1,3510	12,06	1,3390	4,13
Jonagold	1,3505	11,73	1,3385	3,80
Jonaprince	1,3490	10,75	1,3380	3,47

Z tabuľky 10 vyplýva, že najvyšší obsah rozpustnej sušiny bol stanovený v jablkovej šťave odrody Golden Delicious. Podľa Merwin et al. sa odroda Golden Delicious a Jonagold zaraďujú medzi sladké odrody, ale odroda Granny Smith medzi kyslé odrody. [10] Obsah rozpustnej sušiny odrody Granny Smith bol určený na 11,73 hm. %, ktorá je od rozpustnej sušiny odrody Golden Delicious nižšia o 0,33 hm. %. Rovnaká hodnota ako pri odrode Granny Smith bola stanovená pri odrode Jonagold, a teda hoci je refraktometrická sušina vyjadrená v hmotnostných percentách sacharózy, hodnota môže byť ovplyvnená množstvom všetkých

rozpustených látok, ktoré majú index lomu, ako napríklad ďalšie cukry, pektíny a iné. Sušina je ovplyvnená hlavne obsahom sacharidov, škrobu a organických kyselín.

5.2 Analýza organických kyselín v cideroch

Organické kyseliny sú jedny z dôležitých zložiek jablčných ciderov, ktoré ovplyvňujú senzorické vlastnosti. V alkoholických nápojoch ovplyvňujú chuť, farbu, chemickú stabilitu, pH, ale aj nutričnú hodnotu a kvalitu produktu. Organické kyseliny boli stanovené metódou, ktorá je popísaná v kapitole 4.3.2 a výsledky sú prezentované v tabuľke 11. Pomocou analýzy rozptylu boli medzi skupinami jednotlivých odrôd určené štatisticky významné rozdiely, v prípade kyseliny jablčnej, octovej a mliečnej. V tabuľke 12 je vyhodnotená analýza rozptylu.

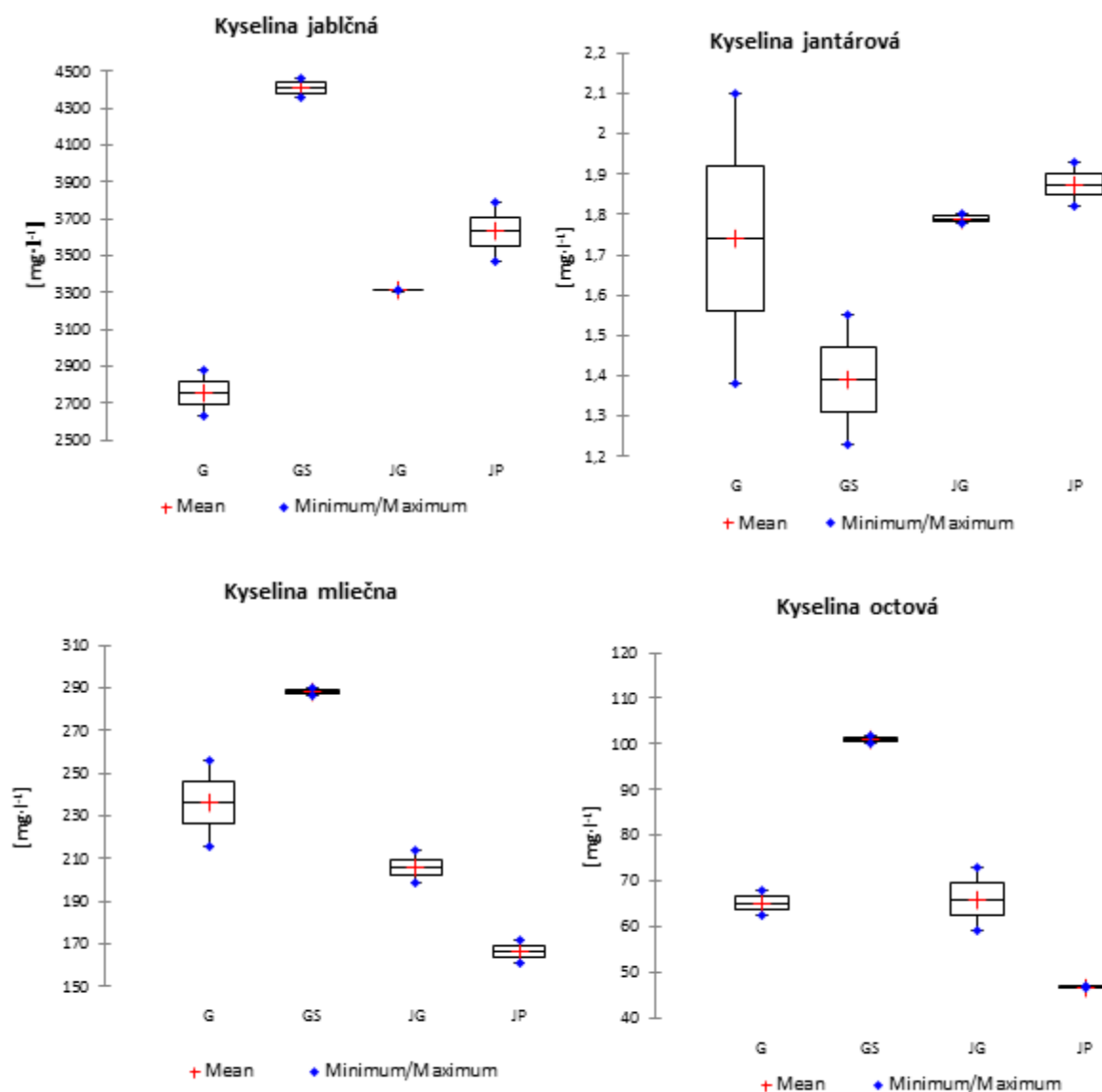
Tabuľka 11: Výsledky stanovenia organických kyselín

	[mg·l ⁻¹]	K. jablčná	K. mliečna	K. jantárová	K. octová
Golden Delicious (G)	Minimum	2885	256,1	2,10	68,00
	Maximum	2634	215,9	1,38	62,30
	Priemer	2759 _c	236,0 _a	1,74 _a	65,15 _b
Granny Smith (GS)	Minimum	4467	289,8	1,55	101,90
	Maximum	4355	286,4	1,23	99,95
	Priemer	4411 _a	288,1 _{ab}	1,39 _a	100,93 _a
Jonagold (JG)	Minimum	3317	213,4	1,80	72,90
	Maximum	3311	198,4	1,78	59,00
	Priemer	3314 _{bc}	205,9 _{bc}	1,79 _a	65,95 _b
Jonaprince (JP)	Minimum	3467	160,6	1,82	46,40
	Maximum	3794	171,7	1,93	47,00
	Priemer	3630 _b	166,2 _c	1,88 _a	46,70 _b

a,b,c – indexy rozdelenia podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 12: Analýza rozptylu organických kyselín

	K. jablčná	K. jantárová	K. mliečna	K. octová
F	41,7916	1,1488	21,3976	35,7028
P	0,0018	0,4314	0,0063	0,0024



Obrázok 6: Boxové grafy organických kyselín

Najvýznamnejší rozdiel medzi ciderami z rôznych odrôd bol určený pri stanovení kyseliny jablčnej ($P = 0,0018$), ktorá tvorí primárnu zložku a nevzniká ako sekundárny metabolit kvasenia. Najvyšší obsah kyseliny jablčnej bol stanovený v cideri z odrody Granny Smith ($4411 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a najnižší z odrody Golden Delicious ($2759 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Nízkym obsahom kyseliny jablčnej v cideri z odrody Golden Delicious oproti Granny Smith sa potvrdilo, že odroda Golden Delicious je sladká odroda a Granny Smith je kyslá odroda, tak ako uvádza Merwin et al. [10]. Bežne sa koncentrácia kyseliny jablčnej v cideroch môže pohybovať v rozsahu od $2000 - 7000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, čo závisí od použitej odrody, stupňa prekvasenia, doby fermentácie, pridanej kultúry a prídavku SO_2 . [43] Podľa Ye et al. bol obsah kyseliny jablčnej v cideri, ktorý bol vyrobený z odrody Fuji, stanovený na $7177,67 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. [14] Nie vždy musia cidery obsahovať vysoký podiel kyseliny jablčnej. Podľa Picinelli et al. bol priemerný obsah kyseliny jablčnej v španielskych cideroch stanovený v rozmedzí $0,02 - 0,11 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, čo je dôsledkom zapojenia malolaktickej fermentácie do výrobného procesu. [18]

Ďalšími stanovovanými kyselinami bola kyselina mliečna, ktorej obsah sa vo vyrobených cideroch pohyboval v závislosti od odrody v rozmedzí 166,2 – 288,1 mg·l⁻¹, pričom najvyššia koncentrácia bola stanovená v cideri z odrody Granny Smith a najnižšia z odrody Jonaprince. Obsah kyseliny mliečnej sa môže pohybovať v rozmedzí od 0 – 3000 mg·l⁻¹ v závislosti od stupňa prekvasenia, použitej kultúry a množstva SO₂. [43] Podľa Ye et al. bol obsah kyseliny mliečnej určený na 130,52 mg·l⁻¹ a podľa Picinelli et al. 3,19 – 4,41 g·l⁻¹. [14, 18] Z výsledkov, ktoré uvádza Picinelli et al., možno pozorovať, že hodnoty kyseliny mliečnej sú podstatne vyššie ako hodnoty stanovené pri kyseline jablčnej, a teda prebehlo malolaktické kvasenie. Kyselina jablčná môže byť v procese malolaktického kvasenia spracovaná mliečnymi baktériami na kyselinu mliečnu, kedy dochádza k znižovaniu kyslosti a ovplyvneniu senzorických vlastností cideru. Hoci je spontánne malolaktické kvasenie náročné na kontrolu, kvasením do určitého stupňa je možné dosiahnuť produkt s vhodnou kyslosťou, chuťou a stabilitou. Vysoká koncentrácia kyseliny mliečnej je považovaná za zdroj nepríjemných senzorických vlastností. [17, 44]

Z tabuľky 11 vyplýva, že obsah kyseliny mliečnej bol nižší ako kyseliny jablčnej, čo mohlo byť spôsobené prídavkom SO₂. Aj v prípade kyseliny mliečnej bola najvyššia koncentrácia stanovená v kyslej odrode Granny Smith. Oxid siričitý (SO₂) sa pridáva pri výrobe vína a cideru na potlačenie rozvoja nepriaznivých mikroorganizmov a ako antioxidant a inhibítor oxidačných enzýmov. SO₂ má inhibičný účinok na životaschopnosť mliečnych baktérií, ktoré premieňajú kyselinu jablčnú na kyselinu mliečnu v procese malolaktickej fermentácie. [45] Pri výrobe ciderov v rámci tejto práce nebolo cieľom doplniť technológiu o malolaktickú fermentáciu.

V cideroch sa obsah kyseliny octovej pohybuje v rozmedzí 46,70 – 100,93 mg·l⁻¹. Z tabuľky 11 a aj z krabicových grafov možno pozorovať, že hodnoty sa líšia v závislosti od odrody a stupňa prekvasenia. Kyselina octová patrí medzi hlavné kyseliny v alkoholických nápojoch a je dôležitým faktorom pre konečný produkt – cider. Tvorba kyseliny octovej je ovplyvnená kvasinkovým kmeňom, zložkami média a podmienkami fermentácie. Zhang et al. uvádza, že obsah kyseliny octovej bol stanovený na 93,94 mg·l⁻¹. [17] Stanovené hodnoty sú porovnateľné s literatúrou.

Z tabuľky 12 vyplýva, že pri stanovení kyseliny jantárovej, neboli splnené kritéria analýzy rozptylu, kedy $P < 0,05$, a teda ANOVA nevyhodnotila tento parameter, že odlišnosť je štatisticky významná. Dôvodom môže byť široká variabilita dát, čo vidno aj na krabicovom grafe. Vo vyrobených cideroch sa množstvo kyseliny jantárovej pohyboval v rozmedzí 1,39 – 1,88 mg·l⁻¹. Obsah kyseliny jantárovej bol podľa Ye et al. stanovený na 233,18 mg·l⁻¹ a podľa Picinelli et al. na 0,17 – 0,9 g·l⁻¹. [14, 35] Výsledky sú v porovnaní s publikáciami podstatne nižšie. Kyselina jantárová je hlavná kyselina produkovaná kvasinkami v procese alkoholového kvasenia a vysoká hodnota je spájaná so slano–horkou chuťou. [18]

5.3 Prvková analýza ciderov

Prvková analýza slúžila k základnej anorganickej charakteristike ciderov so zameraním na prvky, ktoré sú dôležité z nutričného hľadiska. Prvková analýza bola uskutočnená metódou, ktorá je popísaná v kapitole 4.3.3. V prvkovom zložení ciderov boli medzi jednotlivými odrodami nájdené väčšie, či menšie rozdiely. Tieto rozdiely sú prezentované v tabuľke 14. Rozdiely boli stanovené u všetkých prvkov okrem medi a železa. Výsledky prvkovej analýzy sú uvedené v tabuľke 13.

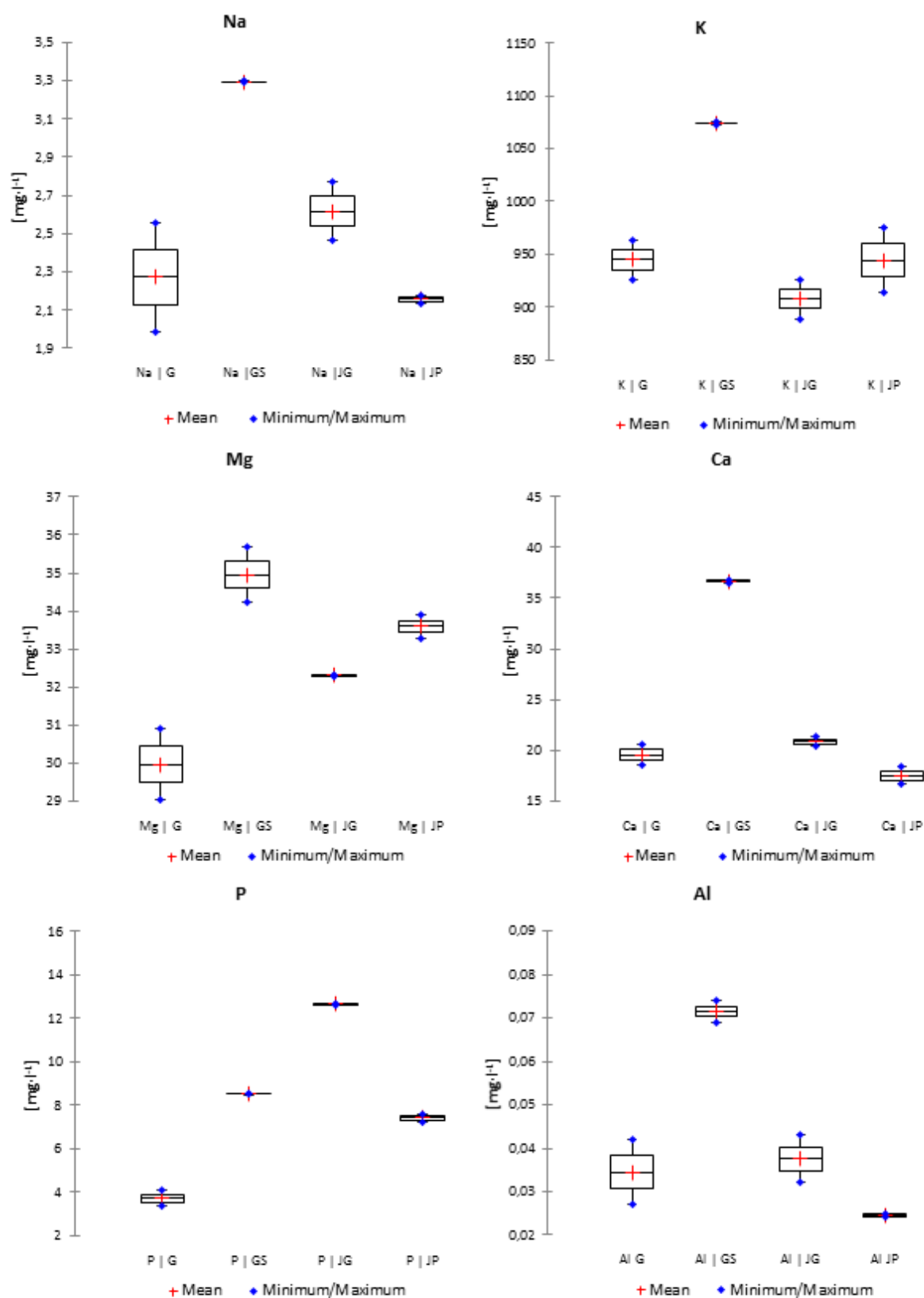
Tabuľka 1: Výsledky stanovenia prvkovej analýzy

	[mg·l ⁻¹]	Na	K	Mg	Ca	P	Al	Cu	Mn	Fe	Zn
Golden Delicious (G)	Minimum	1,987	925,945	29,040	18,495	3,349	0,027	<LOD	0,187	0,048	0,013
	Maximum	2,557	963,177	30,890	20,555	4,098	0,042	0,002	0,188	0,135	0,017
	Priemer	2,272 _b	944,561 _b	29,965 _b	19,525 _b	3,724 _c	0,035 _b	0,001 _a	0,188 _b	0,092 _a	0,015 _b
Granny Smith (GS)	Minimum	3,289	1072,874	34,234	36,479	8,554	0,069	0,002	0,230	0,020	0,023
	Maximum	3,297	1075,088	35,678	36,857	8,568	0,074	0,003	0,230	0,023	0,024
	Priemer	3,293 _a	1073,981 _a	34,956 _a	36,668 _a	8,561 _b	0,072 _a	0,003 _a	0,230 _a	0,022 _a	0,024 _{ab}
Jonagold (JG)	Minimum	2,467	889,110	32,277	20,360	12,634	0,032	<LOD	0,232	0,027	0,025
	Maximum	2,769	926,528	32,334	21,291	12,677	0,043	0,003	0,243	0,036	0,032
	Priemer	2,618 _{ab}	907,819 _b	32,306 _{ab}	20,826 _b	12,656 _a	0,038 _b	0,002 _a	0,234 _a	0,032 _a	0,029 _a
Jonaprince (JP)	Minimum	2,137	913,248	33,289	16,632	7,249	0,024	<LOD	0,222	0,035	0,027
	Maximum	2,174	975,333	33,893	18,341	7,583	0,025	0,007	0,245	0,057	0,029
	Priemer	2,156 _b	944,291 _b	33,591 _a	17,487 _b	7,416 _b	0,0245 _b	0,004 _a	0,234 _a	0,046 _a	0,028 _a

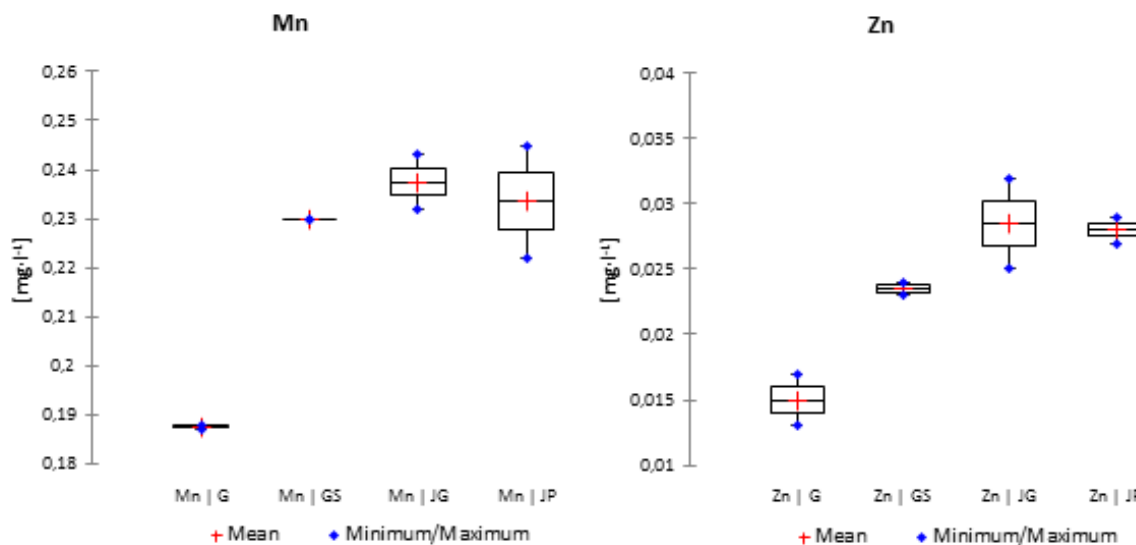
a,b,c – indexy rozdelenia podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 2: Analýza rozptylu prvkového zloženia

	Na	K	Mg	Ca	P	Al	Mn	Zn	Fe	Cu
F	10,0244	12,8120	12,2713	151,6681	320,8705	17,9642	13,3267	8,9333	1,8799	0,3122
P	0,0248	0,0161	0,0174	0,0001	< 0,0001	0,0087	0,0150	0,0302	0,2740	0,8169



Obrázok 7: Boxové grafy pre Na, K, Mg, Ca, P, Al



Obrázok 8: Boxové grafy pre Mn a Zn

Najviac zastúpeným z analyzovaných prvkov bol draslík, ktorého koncentrácia bola stanovená v rozmedzí 907,82 – 1073,98 mg·l⁻¹. Najvyššie množstvo bolo stanovené v cidery z odrody Granny Smith a najnižšie z odrody Jonagold. Adekvátny príjem draslíka na deň pre dospelú osobu predstavuje 3500 mg. [46] Liter vyrobeného cideru obsahuje takmer tretinovú dávku adekvátneho príjmu. Podľa Cristea et al. boli najvyššie hodnoty v cideroch stanovené pre draslík v rozmedzí 67,8 – 556,0 mg·l⁻¹. [47] V porovnaní s pivom bol draslík podľa M. Gama et al. stanovený na 261,1 mg·l⁻¹. [48] Kment et al. stanovil obsah draslíka vo víne na 1126 mg·l⁻¹. [49] Vyrobené cidre obsahovali vyššiu koncentráciu draslíka, ktorého obsah je ovplyvnený odrodou. [47] Cider je oproti pivu lepším zdrojom draslíku a v závislosti na použitej odrode je dobrým zdrojom draslíku.

Druhým najviac zastúpeným prvkom v cideroch bol horčík stanovený v rozmedzí 29,965 – 34,956 mg·l⁻¹. Najvyššie množstvo bolo zastúpené v cidery z Granny Smith a najnižšie z odrody Golden Delicious. Adekvátny denný príjem horčíka pre dospelých mužov bol určený na 350 mg za deň a pre ženy 300 mg za deň. [46] Stanovená hodnota je takmer desaťkrát nižšia, a teda sa dá povedať, že cider nepredstavuje vhodný zdroj horčíka. Cristea et al. stanovil množstvo horčíka na 5,25 – 50, 29 mg·l⁻¹. [47] Kment et al. uvádza, že obsah horčíka vo víne bol stanovený na 75,4 mg·l⁻¹ a v pôde až na 366 mg·l⁻¹. Obsah horčíka je teda závislý od obsahu v pôde. [49] Cidre majú oproti vínu nižšiu koncentráciu horčíka.

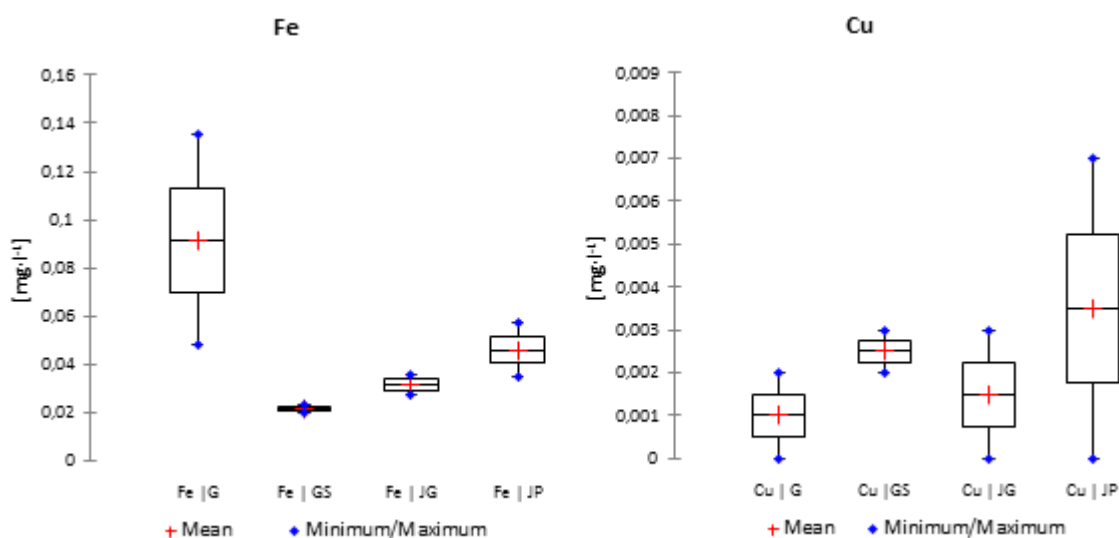
Koncentrácia sodíka bola v cideroch stanovená v rozmedzí 2,16 – 3,29 mg·l⁻¹. Najvyšší obsah bol stanovený v cidery z Granny Smith a najnižší z odrody Jonaprince. Koncentráciu sodíka v produktoch ovplyvňuje nielen odroda, ale aj obsah soli v pôde, ktorý je v strednej Európe nižší ako v prímorských oblastiach. [49] Cristea et al. určil koncentráciu sodíka v rumunských cideroch v rozmedzí 5,74 – 170,22 mg·l⁻¹. [47]

Množstvo vápnika bolo určené na 17,49 – 36,67 mg·l⁻¹. Najvyšší obsah bol stanovený v cidery z odrody Granny Smith a najnižší z odrody Jonaprince. Príjem vápnika bol pre dospelú osobu stanovený na 950 mg za deň. [46] Obsah vápnika bol podľa Cristea et al. stanovený v rozmedzí 0,15 – 79,64 mg·l⁻¹. [47] Gama et al určil obsah vápnika v pive na 40,73 mg·l⁻¹. [48] Kment et al. uvádza obsah vápnika vo víne až na 108 mg·l⁻¹. [49] V cideroch je obsah vápnika

porovnateľný s pivom, ale ani jeden z alkoholických nápojov nie je dostatočným zdrojom vápnika.

Obsah fosforu bol stanovený v rozmedzí na $3,7 - 12,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. V cideri z odrody Jonagold bolo stanovené najvyššie množstvo a v cideri z odrody Golden Delicious najnižšie. Adekvátny príjem fosforu pre dospelú osobu podľa EFSA predstavuje 550 mg za deň. Hodnoty pre fosfor boli stanovené na základe molárneho pomeru vápnika a fosforu v celom tele. [46] Cristea et al. stanovil fosfor v cideroch v rozmedzí $8,5 - 336,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [47]. V publikácii, ktorú uviedol Gama et al, bol obsah fosforu v pive stanovený na $84,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [48] V českých vínach bol obsah fosforu podľa Kment et al. stanovený na $15,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [49] Obsah fosforu vo vyrobených cideroch je porovnateľný s obsahom vo víne, čo môže byť ovplyvnené prostredím. Uvedené hodnoty sú však podstatne nižšie ako je adekvátny príjem, a preto cider nepredstavuje vhodný zdroj týchto minerálnych látok. Množstvo vápnika a fosforu môže byť ovplyvnené výživou pôdy pri pestovaní. [50]

Zinok, mangán a hliník boli vo vyrobených cideroch stanovené pod $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Najvyššie množstvo zinku a mangánu bolo stanovené v cideri z odrody Jonagold a najnižšie z odrody Golden Delicious. Denný príjem zinku pre dospelú osobu je podľa EFSA určený na $6,2 - 10,2 \text{ mg}$ na deň pre ženu a $7,5 - 12,7 \text{ mg}$ na deň pre muža na základe hmotnosti. [46] Vo víne, ktoré bolo uvedené podľa Kment et al., bol mangán stanovený na $0,925 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, zinok na $0,401 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a hliník na $0,560 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [49] V pive bola koncentrácia zinku určená na $0,12 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a mangánu na $0,53 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [48] Cider nie je vhodným zdrojom týchto mikroprvkov.



Obrázok 9: Boxové grafy pre Fe a Cu

Z tabuľky 14 vyplýva, že parametre Fe a Cu neboli vyhodnotené analýzou rozptylu ako štatisticky významne odlišné, pretože neboli splnené kritériá, kedy $P < 0,05$. Obsah v jednotlivých cideroch sa významne nelíšil. Dôvodom môže byť široká variabilita dát, ktorá je znázornená na krabicovom grafe. Obsah železa bol stanovený pod $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a medi pod $0,005 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Cider z odrody Golden Delicious bol najbohatší na množstvo železa. Príjem železa pre dospelú osobu je určený na 6 mg za deň a medi na 1,5 mg za deň. [46] Vo víne bol podľa Kment et al. stanovený obsah železa na $2,64 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a medi na $0,448 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [49] Obsah Cu, Fe a Zn vo víne môže byť spôsobené ich uvoľnením z kovových zliatin zariadení, ktoré sa

využívajú pri výrobe, ale tak isto aj vplyvom prostredia. [47] Vzhľadom na veľmi nízky obsah medi a železa v cideroch, cidre nepredstavujú vhodný zdroj týchto prvkov.

Cidre sú oproti pivu lepším zdrojom draslíka, prípadne môžu byť lepším zdrojom vápnika, ale oproti vínu nie sú až takým dobrým zdrojom minerálnych látok.

5.4 Analýza celkových fenolických látok v cideru Folin-Ciocalteuovou metódou

Fenolické látky predstavujú jeden z dôležitých parametrov cideru, pretože majú vplyv na vlastnosti ako chuť, horkosť a trpkosť a ich rovnováha prispieva k celkovému pocitu v ústach. Môžu fungovať ako inhibítory mikroorganizmov a kontrolovať rýchlosť fermentácie. Podieľajú sa aj na koloidnej stabilite ciderov prostredníctvom interakcie s proteínmi a majú antioxidačné vlastnosti. Celkové fenolické látky boli stanovené podľa postupu, ktorý je popísaný v kapitole 4.3.4. Vyrobené cidery sa z hľadiska obsahu fenolických látok líšili a výsledky sú uvedené v tabuľke 15.

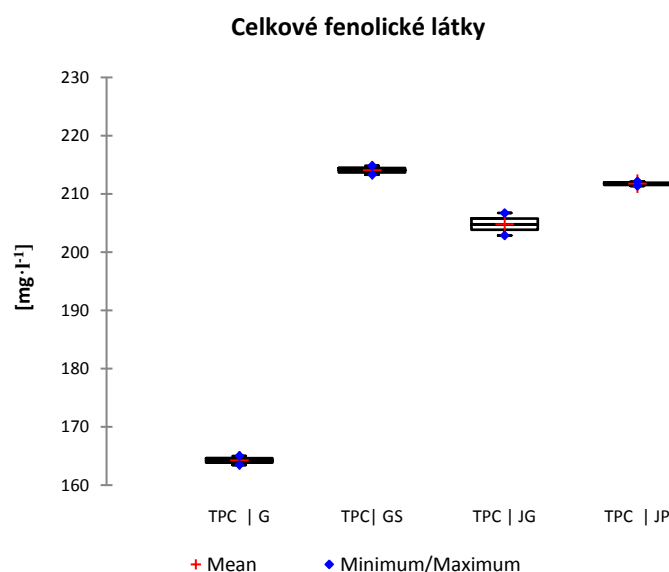
Tabuľka 15: Výsledky stanovenia celkových fenolických látok

		[mg·l ⁻¹]
Golden Delicious (G)	Minimum	163,5
	Maximum	165,0
	Priemer	164,2 _c
Granny Smith (GS)	Minimum	213,3
	Maximum	214,8
	Priemer	214,1 _a
Jonagold (JG)	Minimum	202,9
	Maximum	206,7
	Priemer	204,8 _b
Jonaprince (JP)	Minimum	211,7
	Maximum	212,1
	Priemer	211,8 _a

a,b,c – indexy rozdelenie podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 16: Analýza rozptylu fenolických látok

F	428,8581
P	<0,0001



Obrázok 10: Boxový graf pre celkové fenolické látky

Podľa tabuľky 15 najvyššie hodnoty celkových fenolických látok boli stanovené v cideri z odrody Granny Smith ($214,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Najnižší obsah fenolických látok bol stanovený u cideru vyrobeného z odrody Golden Delicious ($164,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Nízky obsah fenolických látok v odrode Golden Delicious bol potvrdený v publikácii, ktorú uvádza Kschonsek et al. [51]

Koncentrácia fenolických látok je porovnateľná s uvedenou literatúrou. Podľa Picinelli et al. bol obsah celkových fenolických látok v španielskych cideroch stanovený v rozmedzí $0,8 - 1,3 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Stanovené hodnoty sú nižšie ako v uvedenej literatúre. [18] Tarko et al. stanovoval fenolické látky v cideroch použitím rôznych druhov kvasiniek. V odrode Rubín, ktorá sa radí medzi sladké odrody, stanovil obsah celkových fenolických látok $149,7 - 205,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. [4, 52] Podľa Satora et al bol obsah celkových fenolických látok v cideroch z odrôd Šampión, Idared a Gloster stanovený v rozmedzí $228 - 639 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. [53] Kschonsek et al. stanovoval obsah fenolických látok v rôznych odrodách jablák, kde bolo zistené, že v šupke sa nachádza vyšší obsah fenolických látok ako v dužine. [51]

Počas výroby dochádza k úbytku fenolických látok. Za straty fenolických látok v cideri sú zodpovedné kroky ako drvenie a lisovanie, pretože dochádza k oxidácii. Veľká časť prokyanidínov z ovocia zostáva po lisovaní vo výliskoch, a to vedie k tomu, že mušt obsahuje nižší obsah fenolických látok. [54]

Medzi obsahom celkových fenolických látok a antioxidačnou aktivitou bola nájdená len veľmi slabá korelácia (0,25). Táto slabá korelácia je pravdepodobne spôsobená prítomnosťou SO_2 , ktoré pozitívne ovplyvňuje antioxidačnú aktivitu cideru.

5.5 Analýza celkovej antioxidačnej aktivity v cideroch

Výrobky zo spracovania jablák môžu byť zdrojom antioxidantov. Antioxidačná kapacita vo výrobkoch je ovplyvnená rôznymi parametrami ako je odroda, čas zberu, podmienky pestovania a skladovania. Celková antioxidačná aktivita bola meraná metódou, ktorá je popísaná v kapitole 4.3.5. Analýzou rozptylu neboli určené významné rozdiely v antioxidačnej aktivite medzi jednotlivými skupinami ciderov, pretože P hodnota je väčšia ako 0,05. Stanovené hodnoty sú zaznamenané v tabuľke 17 a analýza rozptylu je vyhodnotená v tabuľke 18.

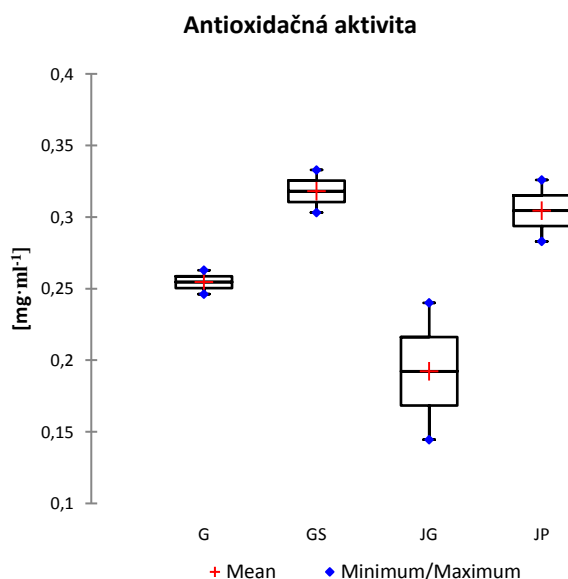
Tabuľka 17: Výsledky stanovenia antioxidačnej aktivity

		[mg·ml ⁻¹]	[mmol·l ⁻¹]
Golden Delicious (G)	Minimum	0,246	0,983
	Maximum	0,263	1,051
	Priemer	0,255 _a	1,019
Granny Smith (GS)	Minimum	0,303	1,211
	Maximum	0,333	1,330
	Priemer	0,318 _a	1,271
Jonagold (JG)	Minimum	0,145	0,579
	Maximum	0,240	0,959
	Priemer	0,192 _a	0,767
Jonaprince (JP)	Minimum	0,283	1,131
	Maximum	0,326	1,302
	Priemer	0,304 _a	1,215

a– index rozdelenie podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 18: Analýza rozptylu antioxidačnej aktivity

F	4,2840
P	0,0969



Obrázok 11: Boxový graf pre antioxidačnú aktivitu

Podľa tabuľky 17 najvyššie hodnoty antioxidačnej aktivity boli stanovené v cideri z odrody Granny Smith (0,318 mg·ml⁻¹). Najnižšia antioxidačná aktivita bola stanovená v cideri z odrody Jonagold (0,192 mg·ml⁻¹). Medzi antioxidačnou aktivitou a celkovými fenolickými látkami bola nájdená slabá pozitívna korelácia (0,25), čo môže súvisieť s nízkym obsahom fenolických látok.

Podľa Tarko et al. bola antioxidačná aktivita v cideri z odrody Rubín stanovená v rozmedzí 0,42 – 0,70 mg·ml⁻¹. Sledovaním antioxidačnej aktivity v mušte a cideri bolo zistené, že pri odrode Rubín došlo ku klesaniu antioxidačnej aktivity počas fermentácie. [52] Porovnaním so ciderom vyrobeného z odrody Golden Delicious, je hodnota takmer dvakrát vyššia.

Budak et al. stanovil antioxidačnú kapacitu v cideri z odrody Red Delicious približne na $11 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Antioxidačná aktivita bola sledovaná pri dvoch typoch cideru, a to pri cideri, kde prebiehalo kvasenie džúsu, do ktorého bolo pridaných 10 % výliskov a dochádzalo k macerácii. Druhý typ cideru bol pripravený zakvasením džúsu bez výliskov. Bolo zistené, že antioxidačná aktivita v cideri, kde bola uskutočnená macerácia, bola vyššia a bola stanovená na $13,24 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. [55]

Zuriarrain et al. pozoroval antioxidačnú aktivitu v rôznych typoch ciderov španielskeho typu počas 140 dní. Pri niektorých typoch cideru bolo zistené, že antioxidačná aktivita sa zvyšovala s dobou fermentácie. Zároveň bolo zistené, že množstvo fenolických zlúčenín má vplyv na antioxidačnú aktivitu, pretože fenolické zlúčeniny majú antioxidačné vlastnosti. [56] V porovnaní s bielym vínom bola antioxidačná aktivita podľa Serreli et al. stanovená na $4,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. [57] Nízke hodnoty antioxidačnej aktivity môžu byť ovplyvnené odrodou, časom zberu, podmienkami pestovania a skladovania, a tým aj obsahom fenolických látok. [51]

5.6 Stanovenie ethanolu v cideroch

Ethanol je hlavnou prchavou zložkou alkoholických nápojov, ktorá ovplyvňuje chuťové vlastnosti. Ethanol bol stanovený metódou, ktorá je popísaná v kapitole 4.3.6. Analýzou rozptylu boli určené významné rozdiely v obsahu ethanolu medzi jednotlivými skupinami ciderov. Stanovené hodnoty sú zaznamenané v tabuľke 19 a analýza rozptylu je vyhodnotená v tabuľke 20.

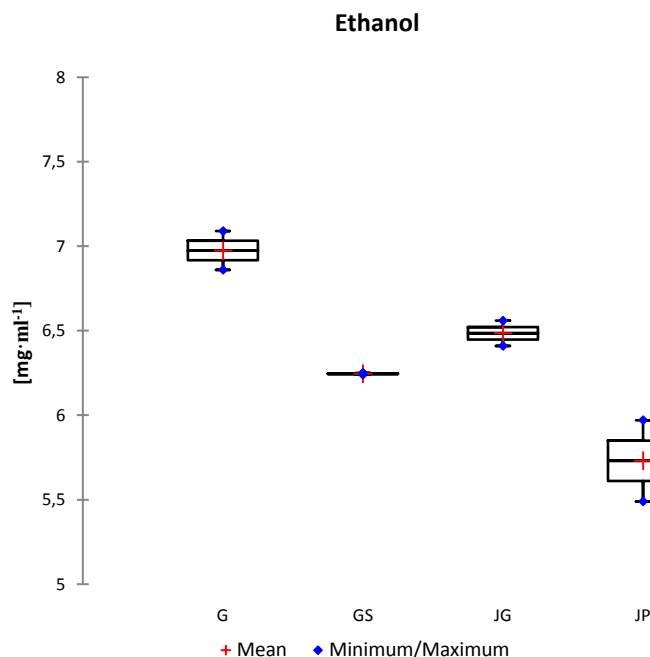
Tabuľka 19: Výsledky stanovenia ethanolu

		[obj. %]
Golden Delicious (G)	Minimum	6,86
	Maximum	7,09
	Priemer	6,98 _a
Granny Smith (GS)	Minimum	6,24
	Maximum	6,25
	Priemer	6,25 _{ab}
Jonagold (JG)	Minimum	6,41
	Maximum	6,56
	Priemer	6,49 _b
Jonaprince (JP)	Minimum	5,49
	Maximum	5,97
	Priemer	5,73 _{ab}

a,b – indexy rozdelenie podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 20: Analýza rozptylu ethanolu

F	14,0171
P	0,0137



Obrázok 12: Boxový graf pre ethanol

Podľa tabuľky 19 najvyššie hodnoty ethanolu boli stanovené v cideri z odrody Golden Delicious (6,98 obj. %). Najnižší obsah ethanolu bol stanovený v cideri z odrody Jonaprince (5,37 obj. %). Medzi obsahom ethanolu a počiatočnou cukrnatosťou bola nájdená pozitívna korelácia (0,87). V odrode Golden Delicious bol stanovený najvyšší obsah rozpustnej sušiny (12,06 % hm.) a zároveň v cideri z tejto odrody bol stanovený najvyšší obsah ethanolu. Najnižší obsah rozpustnej sušiny bol stanovený v odrode Jonaprince (10,75 % hm.) a v cideri bol stanovený najnižší obsah ethanolu.

Podľa Tarko et al. bol obsah ethanolu v cideroch z odrôd Rubín, Elise a Topaz stanovený v rozmedzí 4,89 – 7,95 obj. %. [52] V cideroch z odrôd Šampion, Idared a Gloster bol podľa Satora et al stanovený obsah ethanolu cez 8 obj. %, čo môže súvisieť s vysokým obsahom fermentovateľných sacharidov. [53] Na koncentráciu ethanolu v cideri môže mať vplyv aj úroveň zasírenia muštu, čo sledoval Sun et al pridávaním rôznej koncentrácie SO₂ pri výrobe jahodového vína. Bolo zistené, že vyššia koncentrácia pridaného SO₂ inhibovala zo začiatku rast a metabolizmus kvasiniek, a tým inhibovala aj spotrebu cukru, a preto bola produkcia ethanolu nižšia. [58] Stanovené hodnoty sú porovnateľné s publikáciou, ktorú uvádza Tarko et al.

Medzi obsahom ethanolu a celkovými fenolickými látkami bola nájdená záporná korelácia (-0,80). Ako pravdepodobná príčina menej efektívnej fermentácie môže byť inhibícia mikroorganizmov fenolickými látkami. Toto tvrdenie vyvracia Lachowicz et al., ktorý v publikácii uvádza, že pri pozorovaní vplyvu kvasiniek na obsah fenolických látok bolo zistené, že kvasinky nemajú vplyv na obsah fenolických látok. [59] Bozoglu et al. pozoroval, že na nižšiu produkciu ethanolu má vplyv aj teplota a pH. Pri vyššej teplote dochádza k nižšej produkcii ethanolu. [60].

Cider má v porovnaní s vínami nižší obsah alkoholu. Vína sa klasifikujú podľa obsahu alkoholu na slabé (do 10 obj. %), stredne silné (10 – 14 obj. %) a silné (nad 14 obj. %). [60]

5.7 Analýza sacharidov v cideri

Analýza sacharidov v cideri bola uskutočnená na vyhodnotenie zvyškového obsahu sacharidov. Sacharidy patria medzi dôležité zložky cideru, pretože ovplyvňujú jeho chuť. Sacharidy boli stanovené metódou, ktorá je popísaná v kapitole 4.3.7. Pomocou analýzy rozptylu boli medzi skupinami jednotlivých odrôd určené významné rozdiely. V tabuľke 16 je vyhodnotená analýza rozptylu.

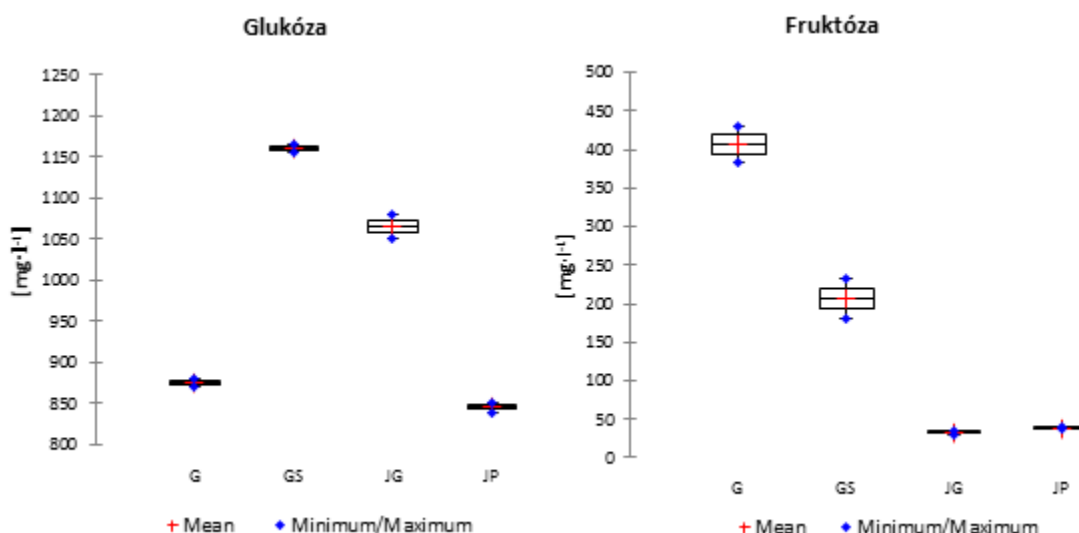
Tabuľka 15: Výsledky stanovenia sacharidov

	[mg·l ⁻¹]	Glukóza	Fruktóza
Golden Delicious (G)	Minimum	870,46	383,04
	Maximum	880,93	430,26
	Priemer	875,70 _c	406,65 _a
Granny Smith (GS)	Minimum	1155,05	179,94
	Maximum	1164,58	231,92
	Priemer	1159,82 _a	205,93 _b
Jonagold (JG)	Minimum	1051,77	30,32
	Maximum	1079,30	34,93
	Priemer	1065,54 _b	32,63 _c
Jonaprince (JP)	Minimum	839,36	37,59
	Maximum	851,15	39,49
	Priemer	845,26 _c	38,54 _c

a,b,c – indexy rozdelenie podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 16: Analýza rozptylu sacharidov

	Glukóza	Fruktóza
F	332,9850	100,5485
P	< 0,0001	0,0003



Obrázok 13: Boxové grafy pre glukózu a fruktózu

Z analyzovaných sacharidov bola v cideroch stanovená iba glukóza a fruktóza. Najvyšší obsah fruktózy bol stanovený v cideri z odrody Golden Delicious na 0,41 g·l⁻¹. Najnižšia koncentrácia

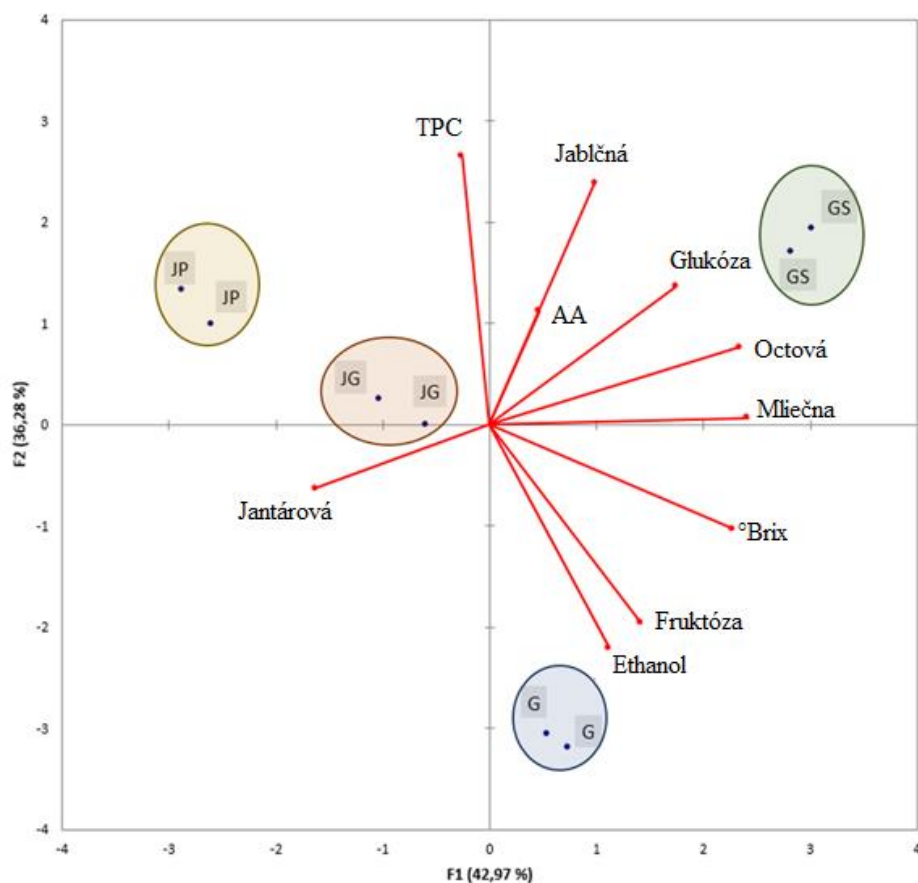
fruktózy bola stanovená v cideri z odrody Jonagold na $32,63 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Najvyššie množstvo zvyškovej glukózy bolo stanovené v odrode Granny Smith ($1159,82 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a najnižšie z odrody Jonaprince ($845,26 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Cider, ktorý bol vyrobený z odrody Jonaprince bol najviac prekvasený, čo sa prejavilo v najmenšom zvyškovom množstve sacharidov. Rôzne odrody jablák obsahujú rôzny pomer glukózy a fruktózy. V cideri z odrôd Jonaprince a Jonagold bol stanovený najnižší obsah fruktózy. Odrody sa môžu výrazne líšiť pomerom glukózy a fruktózy. Vyššia koncentrácia glukózy ako fruktózy môže byť podľa Magalhaes et al. spôsobená schopnosťou rôznych kmeňov kvasiniek spracovávať sacharidy rôzne rýchlo. [61]

Podľa Tarko et al. bolo množstvo fruktózy v jablčnom mušte odrody Rubín, ktorá sa radí medzi sladké odrody, stanovené na $50 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Počas fermentácie došlo k poklesu obsahu fruktózy a v cideri bolo stanovené množstvo $\pm 4 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Glukóza bola stanovená len v mušte, v cideri bola pod detekčným limitom metódy, a teda $< 0,2 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. [52] Stanovené hodnoty vo vyrobených cideroch sú podstatne nižšie ako uvádza literatúra, čo môže byť spôsobené odlišným stupňom prekvasenia.

Sun et al. sledoval vplyv prídavku rôznej koncentrácie SO_2 pri výrobe jahodového vína. Bolo zistené, že so zvyšujúcou sa koncentráciou pridaného SO_2 dochádzalo zo začiatku fermentácie k inhibícii rastu a metabolizmu kvasiniek, čím dochádzalo k inhibícii spotreby cukru. [58]

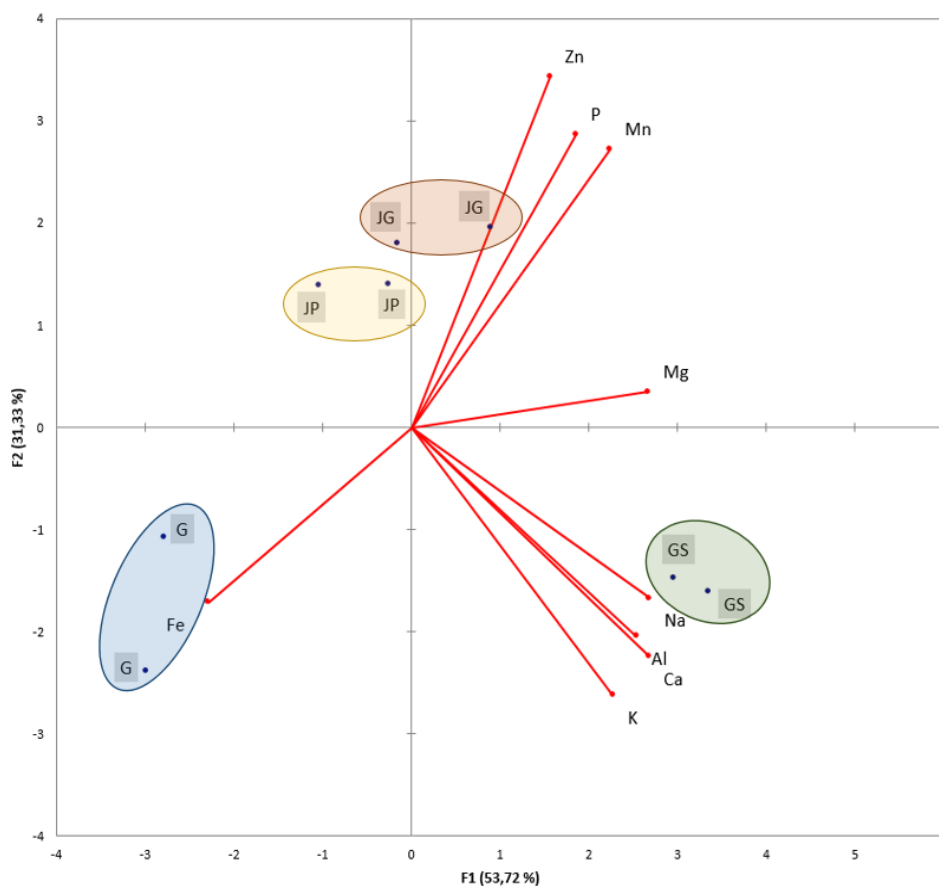
5.8 Viacrozmerná charakteristika ciderov

Dáta prezentované v predchádzajúcich kapitolách boli podrobené viacrozmernej analýze pomocou metódy analýzy hlavných komponentov (PCA), ktorá je založená na Pearsonovej korelácii. Boli uskutočnené celkom dve analýzy – jedna pre prvkové zloženie a druhá pre ostatné študované parametre. Výsledky analýzy sú prezentované vo forme dvojrozmerných grafov hlavných komponentov F1 a F2 (obrázok 6). Projekciou pozorovania (ciderov) do roviny hlavných komponentov boli zistené podobnosti a rozdielnosti jednotlivých odrôd v ich chemickom zložení.



Obrázok 14: Výsledky analýzy hlavných komponentov – chemické zloženie

Čo sa týka základných chemických parametrov ciderov, najpodobnejšie si boli cidery z odrôd Jonaprince a Jonagold, projektované do prvého kvadrantu PCA grafu. Projekcia ciderov odrôd Granny Smith bola pozorovaná do izolovanej oblasti PCA grafu s pozitívnym skóre u komponentu F1 i F2. Pozitívnu koreláciu s komponentom F1 vykazujú parametre koncentrácie organických kyselín, antioxidačnej aktivity a koncentrace glukózy. Toto je teda tiež charakteristický znak ciderov z odrody Granny Smith. Ďalší izolovaný cluster vznikol projekciou pozorovania ciderov z odrody Golden v oblasti PCA grafu s negatívnym skóre pre komponent F2. Tu je silná korelácia s premennou ethanol, čo presne odpovedá HPLC analýzam, kedy cidery Golden Delicious obsahovali významne vyššie množstvo. Pre cidery tejto odrody je tiež charakteristický nízky obsah celkových polyfenolov a vyšší obsah fruktózy v cideru.



Obrázok 15: Výsledky analýzy hlavných komponentov – prvkové zloženie

Čo sa týka PCA na základe Pearsonovej korelácie premenných prvkového zloženia, došlo k podobnému rozdeleniu odrôd ako v prípade korelácie základných chemických ukazovateľov. Podobné prvkové zloženie bolo pozorované v prípade odrôd Jonaprince a Jonagold, ktoré sú v PCA grafe veľmi blízko pri sebe. Projekcia ciderov z odrôd Golden Delicious bola pozorovaná do oblasti PCA grafov s negatívnym skóre pre komponent F2. Cidery Golden Delicious obsahovali vyššie množstvo železa. Ďalší izolovaný cluster vznikol projekciou pozorovania ciderov z odrody Granny Smith. Tieto cidery obsahovali významné množstvo makroprvkov.

5.9 Senzorická analýza

Senzorickej analýze sa zúčastnilo celkom 11 hodnotiteľov. Zloženie hodnotiaceho panelu bolo 55 % žien a 45 % mužov, z toho 9 % cider konzumuje často, 64 % občas a 27 % cider nekonzumuje vôbec. Hodnotiteľom boli podávané vzorky označené kódmi. Ich úlohou bolo ohodnotiť farbu, vôňu, chuť a celkový vzhľad. Podľa uvedenej stupnice boli jednotlivé vlastnosti zaznamenávané. Výsledky sú prezentované formou priemeru a graficky vo forme stĺpcových grafov (tabuľka 23, obrázok 16).

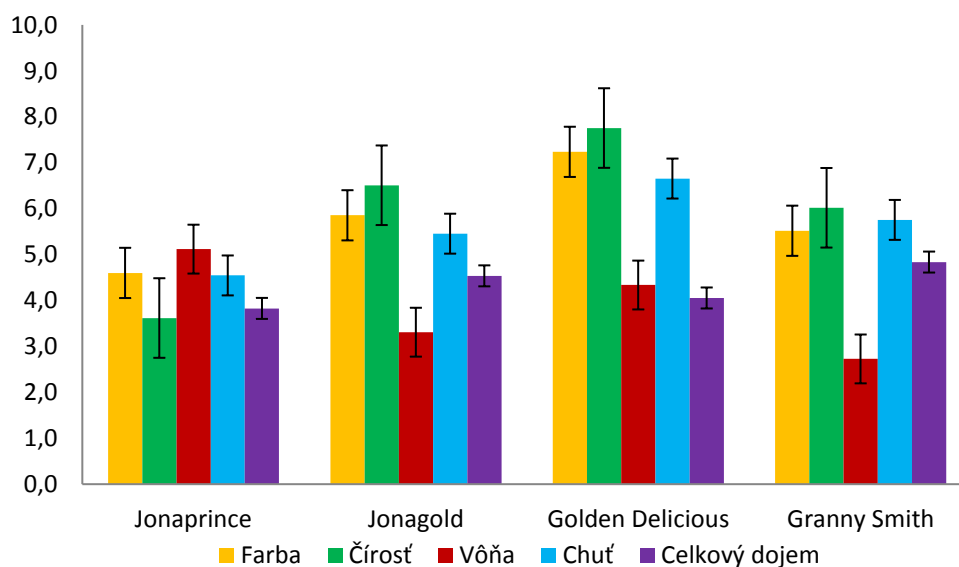
Tabuľka 23: Výsledky stanovenia senzorických charakteristík

		Farba	Čírosť	Vôňa	Chuť	Celkový dojem
Jonaprince	Minimum	2,0	0,0	5,0	2,5	0,0
	Maximum	7,5	5,0	10,0	8,0	7,5
	Priemer	4,6 _b	3,6 _b	6,7	4,5 _a	3,8 _a
Jonagold	Minimum	5,0	2,5	2,5	0,0	0,0
	Maximum	7,5	9,0	7,5	7,5	7,5
	Priemer	5,9 _{ab}	6,5 _a	5,1	5,5 _{ab}	4,5 _a
Golden Delicious	Minimum	3,3	5,0	0,0	5,0	2,5
	Maximum	10,0	10,0	5,6	10,0	10,0
	Priemer	7,2 _a	7,8 _a	4,3	6,7 _{ab}	4,1 _a
Granny Smith	Minimum	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0
	Maximum	7,5	10,0	7,5	10,0	10,0
	Priemer	5,5 _{ab}	6,0 _a	2,7	5,8 _b	4,8 _a

a,b – indexy rozdelenia podľa Tukeyho testu na intervale spoľahlivosti 95 %

Tabuľka 24: Analýza rozptylu stanovených senzorických parametrov

	Farba	Čírosť	Vôňa	Chuť	Celkový dojem
F	4,7177	9,8667	2,9022	1,9601	0,3985
P	0,0065	< 0,0001	0,0466	0,1355	0,7548



Obrázok 16: Porovnanie senzorických parametrov

Základnými senzorickými parametrami boli intenzita farby, vône, chuti a celkový dejom. Čo sa týka intenzity farby, cidery sa od seba v rámci odrôd líšili. Na obrázku 16 možno pozorovať, že najintenzívnejšiu farbu mal cider z odrody Golden Delicious,. Najmenej intenzívny bol cider z odrody Jonaprince. Cidery z odrody Jonagold a Granny Smith sú v intenzite farby a čírości porovnateľné. Medzi celkovým dojmom a intenzitou farby bola nájdená veľmi slabá pozitívna korelácia (0,13). Cidre sa síce v intenzite farby líšili, ale pre hodnotiteľov tento parameter nebol až tak významný.

Cider z odrody Golden Delicious bol hodnotiteľmi označený ako najviac číry. Najmenej číry bol cider z odrody Jonaprince, a teda bol pozorovaný v cideri nejaký zákal, ktorý mohol byť spôsobený pektínmi alebo kvasničnou sedlinou. Medzi celkovým dojmom a čírosťou bola nájdená slabá pozitívna korelácia (0,41). Táto korelácia je oproti intenzite farby vyššia, a teda čírosť vyrobených ciderov bola pre hodnotiteľov významnejšia ako intenzita farby.

Najintenzívnejšia vôňa bola určená pre cider z odrody Jonaprince. Najmenej intenzívnu vôňu mal cider z odrody Granny Smith. Medzi celkovým dojmom a vôňou bola nájdená veľmi silná záporná korelácia (-0,998). Vôňa bola pre hodnotiteľov veľmi významná. Podľa popisu hodnotitelia určili, že vôňa cideru z odrody Jonaprince bola cítiť po oxide siričitom. Cider z odrody Golden Delicious mal kvasničnú vôňu. Tieto vône mali negatívny vplyv na hodnotenie ciderov.

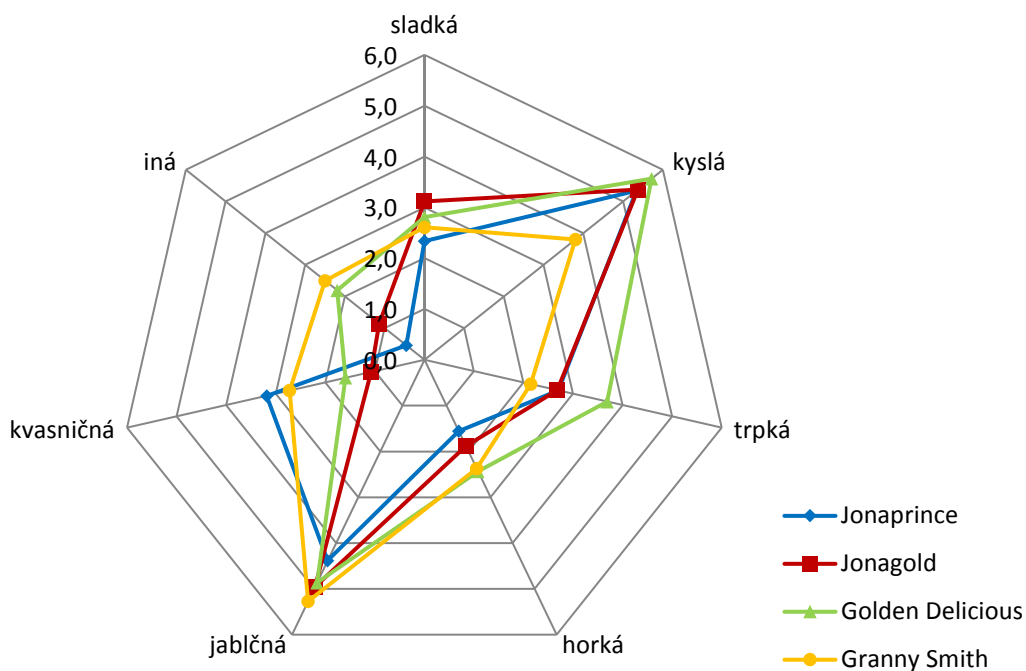
Cider z odrody Golden Delicious bol hodnotiteľmi určený ako cider s najintenzívnejšou chuťou. Najmenej intenzívna chuť bola určená v cideri z odrody Jonaprince. Slabá pozitívna korelácia bola určená medzi celkovým dojmom a chuťou (0,34). Analýza rozptylu nevyhodnotila tento parameter ako odlišný a cideri sa podľa hodnotiteľov v intenzite chuti až tak nelíšili.

Na obrázku 9 možno pozorovať, že posúdením jednotlivých parametrov je náročné určiť najlepšiu vzorku cideru, pretože cidre vynikali v rôznych parametroch. Podľa celkového dojmu však bol najlepšie ohodnotený cider z odrody Granny Smith a najhoršie ohodnotený bol cider z odrody Jonaprince. Analýza rozptylu tento parameter nevyhodnotila ako odlišný. Variabilita hodnotenia bola vysoká a názory na nápoje sa v celkovom dojme nelíšili. Pre cider z odrody Golden Delicious bola stanovená najintenzívnejšia vôňa a chuť. Najmenej intenzívna farba a chuť bola stanovená v cideri z odrody Jonaprince, ale zato vôňa bola najintenzívnejšia.

Okrem základných senzorických ukazovateľov boli od hodnotiteľov získané názory na ďalšie senzorické charakteristiky chuti. Tieto výsledky sú uvedené v tabuľke 25 a na obrázku 17.

Tabuľka 25: Priemerné hodnoty profilového testu chutí

	Sladká	Kyslá	Trpká	Horká	Jablčná	Kvasničná	Iná
Jonaprince	2,3 ± 2,3	5,3 ± 2,9	2,7 ± 2,5	1,6 ± 2,2	4,4 ± 1,9	3,2 ± 2,1	0,5 ± 1,5
Jonagold	3,1 ± 2,5	5,4 ± 2,4	2,7 ± 3,0	1,9 ± 1,8	5,0 ± 2,2	1,1 ± 1,2	1,1 ± 3,0
Golden Delicious	2,8 ± 1,3	5,7 ± 1,7	3,7 ± 3,0	2,4 ± 3,2	4,9 ± 2,6	1,6 ± 3,0	2,2 ± 2,6
Granny Smith	2,6 ± 2,4	3,8 ± 2,4	2,1 ± 2,4	2,4 ± 3,0	5,3 ± 2,0	2,7 ± 3,4	2,5 ± 4,3

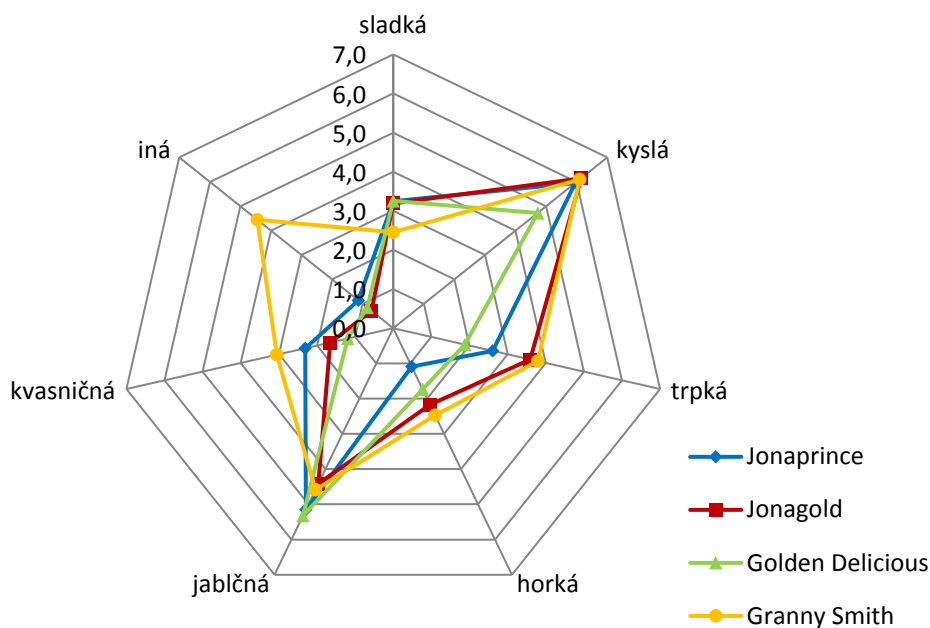


Obrázok 17: Profilový test vybraných chutí (nenaperlených vzoriek)

Podľa obrázka 17 možno pozorovať, že cider z odrody Golden Delicious bol stanovený ako najviac kyslý a trpký. Podľa chemického zloženia však obsahoval najmenej nielen fenolických látok ($164 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) ale aj organických kyselín. Medzi celkovým dojmom a trpkou chuťou bola určená negatívna korelácia ($-0,57$). Dá sa predpokladať, že pre hodnotiteľov bol tento parameter podstatný a hodnotitelia nepreferujú trpkú chuť cideru.

V cideri z Granny Smith bolo najviac cítiť jablčnú chuť a chuť inú, ktorá bola v popise definovaná ako octová. Podľa chemického zloženia cider z tejto odrody mal najvyšší obsah aj kyseliny jablčnej ($4411 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) aj kyseliny octovej ($100,93 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Medzi celkovým dojmom a kyslou chuťou bola nájdená negatívna korelácia ($-0,72$). Napriek tomu bola preferencia hodnotiteľov orientovaná na cider s vyšším obsahom organických kyselín a zároveň bola táto kyslosť relatívne maskovaná najvyššou koncentráciou zvyškových sacharidov glukózy a fruktózy. Medzi jablčnou chuťou a celkovým dojmom bola nájdená veľmi silná pozitívna korelácia ($0,95$). Pre hodnotiteľov bola jablčná chuť významným parametrom.

Senzoricky najsladší sa hodnotiteľom zdal cider z odrody Jonagold. Cider z tejto odrody obsahoval $1065,54 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ glukózy a pomerne nízky obsah fruktózy $32,63 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Samotný obsah zvyškových sacharidov neznamená senzorický vnem sladkosti. Najsilnejšia kvasničná chuť bola pozorovaná v cideri Jonaprince. Najmenšie rozdiely boli pozorované pri chuti sladkej a jablčnej. Medzi celkovým dojmom a glukózou bola zistená silná pozitívna korelácia ($0,98$). Dá sa predpokladať, že hodnotitelia uprednostňujú sladšie cidery. Silná pozitívna korelácia bola stanovená medzi celkovým dojmom a kyselinou mliečnou ($0,81$) a kyselinou octovou ($0,91$). Podľa popisu vône a chute zachytili hodnotitelia práve tieto chute a vône.



Obrázok 18: Profilový test vybraných chutí (nasýtenie pomocou CO₂)

Porovnaním obrázkov 17 a 18 možno pozorovať, že nasýtením vzoriek pomocou CO₂ došlo podľa hodnotiteľov k zmene jednotlivých vybraných chutí. V cideri z odrody Granny Smith bolo po nasýtení cítiť hlavne kvasničnú chuť a chuť inú, ktorá bola podľa hodnotiteľov definovaná ako octová, či chuť po oxide siričitom.

Výrazné zmeny nastali aj v hodnotení kyslej chuti. Pred nasýtením cider z odrody Granny Smith bol ohodnotený ako najmenej kyslý, tak po nasýtení bol označený ako najviac kyslý. Podľa obsahu organických kyselín cider z tejto odrody obsahoval najviac kyseliny jablčnej, mliečnej aj octovej. Zmeny boli zaznamenané aj v trpkkej chuti, kedy cider z odrody Granny Smith bol určený ako najviac trpký. Cider podľa chemického zloženia mal najvyšší obsah fenolických látok.

Nasýtením ciderov došlo k zmenám jednotlivých parametrov. Dá sa teda povedať, že použitie oxidu uhličitého malo vplyv na senzorické hodnotenie. Vnímanie trpkkej chuti po nasýtení odpovedalo aj chemickému zloženiu.

6 ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo porovnať štyri odrody jablák z hľadiska vhodnosti pre výrobu ciderov. Pre splnenie tejto práce bolo potrebné optimalizovať výrobu cideru v laboratórnych podmienkach. V cideroch, ktoré boli vyrobené zo štyroch vybraných odrôd, bol stanovený obsah sacharidov, organických kyselín, celkových fenolických látok, ethanolu, antioxidačná aktivita a prvkové zloženie. Senzorická analýza bola uskutočnená pomocou senzorických dotazníkov, kde hodnotitelia hodnotili parametre ako farba, vôňa, chuť a celkový vzhľad. V teoretickej časti bolo spracované chemické zloženie, technológia výroby a výroba vo svete. V experimentálnej časti boli spracované vybrané chemické charakteristiky a vyhodnotená senzorická analýza.

Najlepšia výťažnosť bola stanovená pri lisovaní odrody Jonaprince (62,84 %) a najhoršia výťažnosť bola stanovená pri odrode Golden Delicious (55,36 %). Výťažnosť odrody Jonagold bola 63,36 % a Granny Smith 57,13 %.

Z organických kyselín bola v cideroch najviac zastúpená kyselina jablčná v rozmedzí 2759 – 4411 mg·l⁻¹. Najnižší obsah bol stanovený v cideri z odrody Golden Delicious a najvyšší z odrody Granny Smith. Ako druhá najviac zastúpená kyselina v cideroch bola stanovená kyselina mliečna v rozmedzí 166,2 mg·l⁻¹ (Jonaprince) až 288,1 mg·l⁻¹ (Granny Smith). Ďalšou kyselinou bola kyselina octová v rozmedzí 46,7 – 100,9 mg·l⁻¹. Najnižšie zastúpenou kyselinou bola kyselina jantárová 1,4 – 1,9 mg·l⁻¹.

V cideroch bola zo sacharidov najviac zastúpená glukóza. Najvyšší obsah bol stanovený v cideri z odrody Granny Smith 1159,8 mg·l⁻¹ a najnižší v cideri z odrody Jonaprince 845,3 mg·l⁻¹. V podstatne nižšom množstve bola v cideroch stanovená fruktóza. Najviac fruktózy bolo stanovenej v cideri z odrody Golden Delicious (406,7 mg·l⁻¹) a najmenej v cideri z odrody Jonagold 32,6 mg·l⁻¹.

Prvkovou analýzou bolo v cideroch stanovených 10 prvkov: Na, K, Mg, Ca, P, Al, Cu, Mn, Fe a Zn. Najvyšší obsah predstavoval draslík v rozmedzí 944,29 – 1073,98 mg·l⁻¹. Druhým najviac zastúpeným bol horčík (29,97 – 34,96 mg·l⁻¹). Ďalej bol stanovený vápnik (17,5 – 36,7 mg·l⁻¹), fosfor (3,7 – 12,7 mg·l⁻¹) a sodík (2,2 – 3,3 mg·l⁻¹). Hliník, meď, mangán, zinok a železo boli stanovené do množstva 0,3 mg·l⁻¹.

Obsah celkových fenolických látok bol stanovený v rozmedzí 164,2 – 214,1 mg GAE·l⁻¹. Najnižší obsah bol stanovený v cideri z odrody Golden Delicious a najvyšší z odrody Granny Smith. Najnižšia antioxidačná aktivita bola stanovená na 0,192 mg·l⁻¹ v cideri z odrody Jonagold a najvyššia na 0,318 mg·l⁻¹ v cideri z odrody Granny Smith. Obsah ethanolu bol v cideroch stanovený v rozmedzí 5,73 – 6,98 obj. %.

Senzorickým hodnotením bolo zistené, že najlepší výsledok z hľadiska hodnotenia farby (intenzity a čírosti) a chuti bol stanovený v cideri z odrody Golden Delicious. Z hľadiska vône bol najlepšie ohodnotený cider Jonaprince. Podľa celkového dojmu najlepšie hodnotenie získal cider z odrody Granny Smith. Z profilových testov jednotlivých chutí bolo zistené, že naperlením cideru došlo k zmene vnímania jednotlivých chutí. iné.

Výsledkom práce je zistenie, že odroda jablák významne ovplyvňuje chemické zloženie ciderov, čo sa odráža aj na nutričnej hodnote samotného produktu. Odroda jablák má značný význam z technologického hľadiska, a to hlavne pri parametri výťažnosti šťavy. Čo sa týka senzorickej analýzy, značné rozdiely v chemickom zložení neboli dostatočne reflektované

a senzorický panel zhodnotil vyrobené cidery z celkového hľadiska ako veľmi podobné. Výskum v tejto oblasti by sa mal ďalej zamerať na hľadanie a potvrdenie charakteristík odrôd a izolovať tak vplyvy klímy a poľnohospodárskej praxi.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] DVOŘÁK, Pavel. *Domácí výroba alkoholických a nealkoholických nápojů*. Třebíč: Drahomír Rybníček, 2001. ISBN 80-7268-176-1.
- [2] YE, Mengqi, Tianli YUE a Yahong YUAN. Changes in the profile of volatile compounds and amino acids during cider fermentation using dessert variety of apples. *European Food Research and Technology* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, 239(1), 67-77 [cit. 2018-05-28]. DOI: 10.1007/s00217-014-2204-1. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://link-springer-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/article/10.1007/s00217-014-2204-1>
- [3] SYMONEAUX, Ronan, Hugues GUICHARD, Jean-Michel LE QUÉRE, Alain BARON a Sylvie CHOLLET. Could cider aroma modify cider mouthfeel properties?. *Food Quality and Preference* [online]. Elsevier, 2015, 45, 11-17 [cit. 2018-05-10]. DOI: 10.1016/j.foodqual.2015.04.004. ISSN 0950-3293. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0950329315000956>
- [4] COUSIN, Fabien j, Rozenn LE GUELLEC, Margot SCHLUSSELHUBER, Marion DALMASSO, Jean-marie LAPLACE, Marina CRETENET a Fabien j COUSIN. Microorganisms in Fermented Apple Beverages: Current Knowledge and Future Directions. *Microorganisms* [online]. 2017, 5(3) [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.3390/microorganisms5030039. ISSN 2076-2607. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1924887363/>
- [5] BUGLASS, Alan J. 2011. *Handbook of alcoholic beverages: technical, analytical and nutritional aspects*. Chichester, West Sussex, England: John Wiley, 2011. ISBN: 978-047-0512-029.
- [6] BEECH, F. W. Cider making and cider research a review*. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 1972, 78(6), 477-491 [cit. 2018-05-30]. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1972.tb03485.x. ISSN 0046-9750. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/j.2050-0416.1972.tb03485.x>
- [7] UHROVÁ, Helena. *Jak se dělá cidre, calvados, pommeau*. Líbeznice: Víkend, 2016. ISBN 978-80-7433-151-0.
- [8] JOLICOEUR, Claude. *The new cider maker's handbook: a comprehensive guide for craft producers* [online]. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing. 2013. ISBN 978-1-60358-474-6. [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=vf32kzr_u_YC&printsec=frontcover&hl=sk#v=onepage&q&f=false
- [9] HANOUSEK, Miloš. *Domácí výroba moštů*. Praha: Grada, 2006. Česká zahrada. ISBN 80-247-1445-0.
- [10] MERWIN, Ian A., Sarah VALOIS and Olga I. PADILLA-ZAKOUR. Cider Apples and Cider-Making Techniques in Europe and North America. *Horticultural Reviews*. Hoboken, NJ, USA, 2007, 365-415. DOI: 10.1002/9780470380147.ch6. ISSN : 0163-7851. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470380147.ch6>
- [11] WU, Jihong, Haiyan GAO, Lei ZHAO, Xiaojun LIAO, Fang CHEN, Zhenfu WANG and Xiaosong HU. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*. 2007, 103(1), 88-93. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.030. ISSN: 0308-8146. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0308814606006157>

- [12] ROBINSON, James Frederick. [1958]. *Making and preserving apple cider*. Slightly rev. Washington: United States. Department of Agriculture Farmers' bulletin (), no. 2125. Dostupné z: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=umn.31951002823885k;view=1up;seq=5>
- [13] DVORÁK, Antonín. *Pěstování jabloní*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. Rostlinná výroba.
- [14] YE, Mengqi, Tianli YUE a Yahong YUAN. Evolution of polyphenols and organic acids during the fermentation of apple cider. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. Chichester, UK: John Wiley, 2014, 94(14), 2951-2957 [cit. 2018-04-30]. DOI: 10.1002/jsfa.6639. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/full/10.1002/jsfa.6639>
- [15] MEZEY, J. a I. MEZEYOVÁ. Changes in the levels of selected organic acids and sugars in apple juice after cold storage. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. Czech Academy of Agricultural Sciences, 2018, 36(2), 175-180 [cit. 2019-02-13]. DOI: 10.17221/165/2017-CJFS. ISSN 12121800.
- [16] ZURIARRAIN, Andoni, Juan ZURIARRAIN, Ana Isabel PUERTAS, María Teresa DUEÑAS, Miren OSTRÁ a Iñaki BERREGI. Polyphenolic profile in cider and antioxidant power. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. Chichester, UK: John Wiley, 2015, 95(14), 2931-2943 [cit. 2018-04-19]. DOI: 10.1002/jsfa.7036. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/full/10.1002/jsfa.7036>
- [17] ZHANG, Hong, Feng ZHOU, Baoping JI, Rob NOUT, Qiang FANG a Zhiwei YANG. Determination of organic acids evolution during apple cider fermentation using an improved HPLC analysis method. *European Food Research and Technology* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, 227(4), 1183-1190 [cit. 2018-04-19]. DOI: 10.1007/s00217-008-0835-9. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://link-springer-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/article/10.1007/s00217-008-0835-9>
- [18] PICINELLI, A, B SUÁREZ, J MORENO, R RODRÍGUEZ, L m CASO-GARCÍA, J j MANGAS a A PICINELLI. Chemical characterization of asturian cider. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 2000, 48(9), 3997-4002 [cit. 2019-04-30]. DOI: 10.1021/jf991284d. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/72269495/>
- [19] VILLAR, Alberto, Julen VADILLO, Jose I. SANTOS, Eneko GORRITXATEGI, Jon MABE, Aitor ARNAIZ a Luis A. FERNÁNDEZ. Cider fermentation process monitoring by Vis-NIR sensor system and chemometrics. *Food Chemistry* [online]. Elsevier, 2017, 221, 100-106 [cit. 2018-04-03]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.10.045. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0308814616316624>
- [20] LAAKSONEN, Oskar, Rain KULDJÄRV, Toomas PAALME, Mira VIRKKI a Baoru YANG. Impact of apple cultivar, ripening stage, fermentation type and yeast strain on phenolic composition of apple ciders. *Food Chemistry* [online]. Elsevier, 2017, 233, 29-37 [cit. 2018-05-05]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.067. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0308814617306362>
- [21] ZHAO, Dongjun, Evonne LAU, Olga I. PADILLA-ZAKOUR a Carmen I. MORARU. Role of pectin and haze particles in membrane fouling during cold microfiltration of apple cider. *Journal of Food Engineering* [online]. Elsevier, 2017, 200, 47-58 [cit. 2018-05-13]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.12.020. ISSN 0260-8774. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0260877416304708>

- [22] Kreuzmayr K2B 1500 Dvojitý pásový lis. In. *Potravinarske-stroje* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.potravinarske-stroje.sk/show-free.htm?fid=315>
- [23] KENKEL, John. *Analytical chemistry for technicians*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, c2014. ISBN 978-1-4398-8105-7.
- [24] NOVÁKOVÁ, Lucie a Michal DOUŠA. *Moderní HPLC separace v teorii a praxi*. Praha [i.e. Hradec Králové]: Lucie Nováková, 2013. ISBN 978-80-260-4243-3.
- [25] CHRISTIAN, Gary D., Purnendu K. DASGUPTA a Kevin SCHUG. *Analytical chemistry*. 7th ed. Hoboken: Wiley, c2014. ISBN 978-0-470-88757-8.
- [26] PICINELLI LOBO, Anna, Yolanda diñeiro GARCÍA, Juan mangas SÁNCHEZ, Roberto rodríguez MADRERA a Belén suárez VALLES. Phenolic and antioxidant composition of cider. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. Elsevier, 2009, **22**(7), 644-648 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.03.008. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0889157509001549>
- [27] NOVÁKOVÁ, Lucie a Michal DOUŠA. *Moderní HPLC separace v teorii a praxi*. Praha [i.e. Hradec Králové]: Lucie Nováková, 2013. ISBN 978-80-260-4244-0.
- [28] NIELSEN, S. Suzanne. *Food analysis*. 4th ed. New York: Springer, 2010.
- [29] OTRUBA, Vítězslav. *Spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: sborník přednášek 2015*. Brno: Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, 2015. ISBN 978-80-905704-7-4.
- [30] Which is a better choice? ICP-OES or ICP-MS. In: Lab-training.com[online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://lab-training.com/2015/07/27/which-is-a-better-choice-icp-oes-or-icp-ms>
- [31] GÜNZLER, Helmut a Alex WILLIAMS. *Handbook of analytical techniques*. New York: Wiley-VCH, c2001. ISBN 35-273-0165-8.
- [32] GATES, Paul. bris.ac.uk [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupný na WWW: www.bris.ac.uk/nerclsmsf/techniques/gcms.html
- [33] KARADAG, Ayse, Beraat OZCELIK a Samim SANER. Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. *Food Analytical Methods* [online]. New York: Springer-Verlag, 2009, **2**(1), 41-60 [cit. 2019-02-28]. DOI: 10.1007/s12161-008-9067-7. ISSN 1936-9751. Dostupné z: <https://link-springer-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/article/10.1007/s12161-008-9067-7>
- [34] PAULOVÁ, Hana, Hana BOCHOŘÁKOVÁ a Eva TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*. 2004, č. 98, s. 174-179.
- [35] STRATIL, P, B KLEJDUS, V KUBÁN a P STRATIL. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta* [online]. 2007, **71**(4), 1741-1751 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.08.012. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/733878249/>
- [36] A AGBOR, Gabriel, Joe A VINSON a Patrick E. DONNELLY. Folin-Ciocalteu Reagent for Polyphenolic Assay. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. 2014, , 147-156. DOI: 10.19070/2326-3350-1400028. ISSN 23263350. Dostupné také z: <https://scidoc.org/articlepdfs/IJFS/IJFS-2326-3350-03-801.pdf>
- [37] CHEN, Liang-yu, Chien-wei CHENG a Ji-yuan LIANG. Effect of esterification condensation on the Folin–Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Food Chemistry* [online]. Elsevier, 2015, **170**, 10-15 [cit. 2019-03-03]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.08.038. ISSN 0308-8146.
- [38] BLATNÁ, Dagmar. *Metody statistické analýzy*. Vyd. 4. Praha: Bankovní institut vysoká škola, 2009. ISBN 978-80-7265-143-6.
- [39] KLÍMEK, Petr. *Applied statistics for economics*. Bučovice: Martin Stříž, 2010. ISBN 978-80-87106-32-7.

- [40] GIORDANI, Paolo a Henk A.L. KIERS. A comparison of three methods for principal component analysis of fuzzy interval data. *Computational Statistics*. 2006, **51**(1), 379-397. DOI: 10.1016/j.csda.2006.02.019. ISSN 01679473. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167947306000648>
- [41] SMITH, Lindsay I. *A tutorial on principal component analysis* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf
- [42] Srivastava, S, Tyagi, SK. 2013. Effect of enzymatic hydrolysis on the juice yield from apple fruit (*Malus domestica*) Pulp. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research*. 2013, 4, 299– 306.
- [43] REUSS, R. m., J. e. STRATTON, D. a. SMITH, P. e. READ, S. I. CUPPETT a A. m. PARKHURST. Malolactic Fermentation as a Technique for the Deacidification of Hard Apple Cider. *Journal of Food Science* [online]. Malden, USA: Blackwell Publishing, 2010, **75**(1), C74-C78 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01427.x. ISSN 0022-1147.
- [44] ZHAO, H., F. ZHOU, P. DZIUGAN, Y. YAO, J. ZHANG, Z. LV a B. ZHANG. Development of organic acids and volatile compounds in cider during malolactic fermentation. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2014, (1), 69-76 [cit. 2019-04-20]. DOI: 10.17221/127/2013-CJFS. ISSN 1212-1800. Dostupné z: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?type=article&id=127_2013-CJFS
- [45] QUIRÓS, C., M. HERRERO, L. a. GARCÍA a M. DÍAZ. Effects of SO₂ on lactic acid bacteria physiology when used as a preservative compound in malolactic fermentation. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2012, **118**(1), 89-96 [cit. 2019-05-03]. DOI: 10.1002/jib.9. ISSN 0046-9750. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jib.9>
- [46] EFSA. Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*. 2017. **14**(12). DOI: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121. ISSN 23978325. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- [47] CRISTEA, Gabriela, Cezara VOICA, Ioana FEHER, Stelian RADU a D. alina MAGDAS. Isotopic and Elemental Characterization of Cider Commercialized on Romanian Market. *Analytical Letters* [online]. Taylor & Francis, 2019, **52**(1), 139-149 [cit. 2019-04-30]. DOI: 10.1080/00032719.2018.1434189. ISSN 0003-2719. Dostupné z: <https://www-tandfonline-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/pdf/10.1080/00032719.2018.1434189?needAccess=true>
- [48] GAMA, Ednilton m., Clésia c. NASCENTES, Roberta p. MATOS, Gabrielle de c. RODRIGUES a Guilherme d. RODRIGUES. A simple method for the multi-elemental analysis of beer using total reflection X-ray fluorescence. *Talanta* [online]. Elsevier B.V, 2017, **174**, 274-278 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1016/j.talanta.2017.05.059. ISSN 0039-9140.
- [49] KMENT, P., M. MIHALJEVIC, V. ETTLER, O. SEBEK, L. STRNAD a L. ROHLOVA. Differentiation of Czech wines using multielement composition--a comparison with vineyard soil. *Food chemistry* [online]. 2005, **91**, 157-165 [cit. 2019-05-06]. ISSN 0308-8146.
- [50] STEPHANOPOULOS, D. a M. j. LEWIS. RELEASE OF PHOSPHATE BY FERMENTING BREWER'S YEAST. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 1968, **74**(4), 378-383 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1968.tb03145.x. ISSN 0046-9750.
- [51] KSCHONSEK, Josephine, Theresa WOLFRAM, Annette STÖCKL, Volker BÖHM a Josephine KSCHONSEK. Polyphenolic Compounds Analysis of Old and New Apple Cultivars and Contribution of Polyphenolic Profile to the In Vitro Antioxidant Capacity.

- Antioxidants* (Basel, Switzerland) [online]. 2018, **7**(1) [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.3390/antiox7010020. ISSN 2076-3921. Dostępne z: <http://search.proquest.com/docview/1990853737/>
- [52] TARKO, Tomasz, Magdalena KOSTRZ, Aleksandra DUDA-CHODAK, Dorota SEMIK-SZCZURAK, Paweł SROKA a Tomasz SENCZYSZYN. The effect of apple cultivars and yeast strains on selected quality parameters and antioxidant activity of fermented apple beverages. *CYTA: Journal of Food* [online]. Abingdon: Taylor & Francis, 2018, **16**(1), 892-900 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1080/19476337.2018.1503616. ISSN 19476337. Dostępne z: <http://search.proquest.com/docview/2161877000/>
- [53] SATORA, Paweł, Paweł SROKA, Aleksandra DUDA-CHODAK, Tomasz TARKO a Tadeusz TUSZYŃSKI. The profile of volatile compounds and polyphenols in wines produced from dessert varieties of apples. *Food Chemistry* [online]. Elsevier, 2008, **111**(2), 513-519 [cit. 2019-05-10]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.007. ISSN 0308-8146.
- [54] NOGUEIRA, Alessandro, Sylvain GUYOT, Nathalie MARNET, Jean michel LEQUÉRE, Jean-francoise DRILLEAU a Gilvan WOSIACKI. Effect of alcoholic fermentation in the content of phenolic compounds in cider processing. *Brazilian Archives of Biology and Technology* [online]. Instituto de Tecnologia do Paraná - Tecpar, 2008, **51**(5), 1025-1032 [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1590/S1516-89132008000500020. ISSN 1678-4324. Dostępne z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132008000500020&lng=en&tlng=en
- [55] BUDAK, Nilgün Havva, Filiz OZÇELİK a Zeynep Banu GÜZEL-SEYDIM. Antioxidant Activity and Phenolic Content of Apple Cider. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology* [online]. Turkish Science and Technology (TST), 2015, **3**(6) [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.24925/turjaf.v3i6.356-360.265. Dostępne z: <https://doaj.org/article/e6f80904de0d4b60a68c9fb14f541fd1>
- [56] ZURIARRAIN, Andoni, Juan ZURIARRAIN, Ana isabel PUERTAS, María teresa DUEÑAS, Miren OSTRA a Iñaki BERREGI. Polyphenolic profile in cider and antioxidant power. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2015, **95**(14), 2931-2943 [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1002/jsfa.7036. ISSN 0022-5142.
- [57] SERRELI, Gabriele, Igor JERKOVIĆ, Zvonimir MARIJANOVIĆ, Katarzyna angelika GIL a Carlo ignazio giovanni TUBEROSO. Evaluation of natural occurring bioactive compounds and antioxidant activity in Nuragus white wines. *Food Research International* [online]. Elsevier, 2017, **99**(Pt 1), 571-576 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.06.038. ISSN 0963-9969.
- [58] SUN, Yumei, Ting ZHANG, Huiwei LÜ, Zhimin YU a Xianzhen LI. Effect of added sulphur dioxide levels on the fermentation characteristics of strawberry wine. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. 2016, **122**(3), 446-451 [cit. 2019-05-06]. DOI: 10.1002/jib.342. ISSN 0046-9750.
- [60] LACHOWICZ, Sabina, Aneta WOJDYŁO, Joanna CHMIELEWSKA a Jan OSZMIANŃSKI. The influence of yeast type and storage temperature on content of phenolic compounds, antioxidant activity, colour and sensory attributes of chokeberry wine. *European Food Research and Technology* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017, **243**(12), 2199-2209 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1007/s00217-017-2922-2. ISSN 1438-2377.
- [59] BOZOGLU, M.d., S. ERTUNC, B. AKAY, N. BURSALI, N. VURAL, H. HAPOGLU a Y. DEMIRCI. The effect of temperature, pH and SO₂ on ethanol concentration and Sugar Consumption Rate (SCR) in apple wine process. *Journal of the*

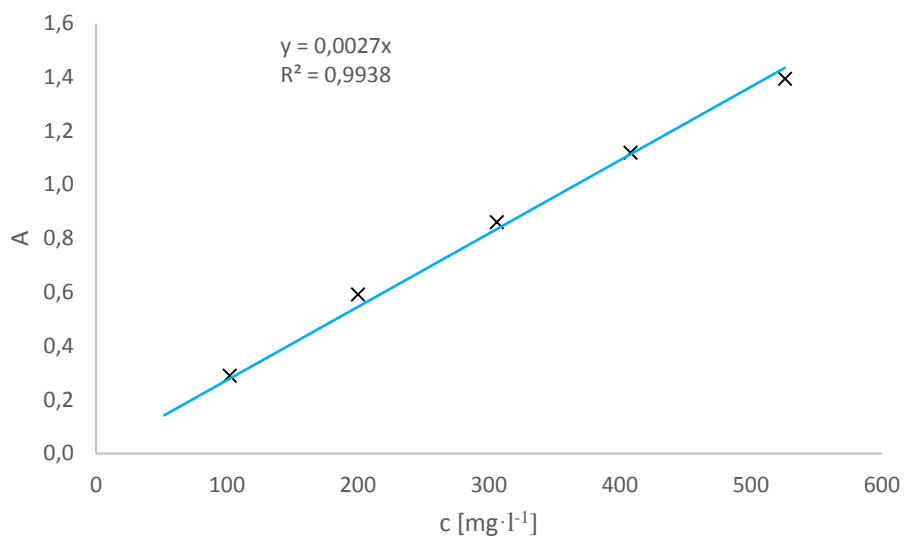
- Chemical Society of Pakistan* [online]. Chemical Society of Pakistan, 2015, **37**(3), 431-439 [cit. 2019-05-06]. ISSN 02535106.
- [61] MAGALHÃES, Frederico, Kristoffer KROGERUS, Virve VIDGREN, Mari SANDELL a Brian GIBSON. Improved cider fermentation performance and quality with newly generated *Saccharomyces cerevisiae* × *Saccharomyces eubayanus* hybrids. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017, **44**(8), 1203-1213 [cit. 2019-05-06]. DOI: 10.1007/s10295-017-1947-7. ISSN 1367-5435.

8 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

ANOVA	Analýza rozptylu (Analysis of variance)
ELSD	odparovací detektor rozptylu svetla (Evaporative light scattering detector)
HPLC	Vysokoúčinná kvapalinová chromatografia
IC	Iónová chromatografia
ICP-MS	Hmotnostná spektrometria s indukčne viazaným plazmatom
ICP-OES	Optická emisná spektrometria s indukčne viazaným plazmatom
m/z	pomer hmotnosti a náboja
PCA	Analýza hlavných komponent (Principal component analysis)
ppm	milióntina (parts per million)
RI	refraktometrický detektor (Refractive index detector)
TEAC	anioxidačná kapacita (Trolox equivalent antioxidant capacity)
w/v	pomer hmotnosti a objemu

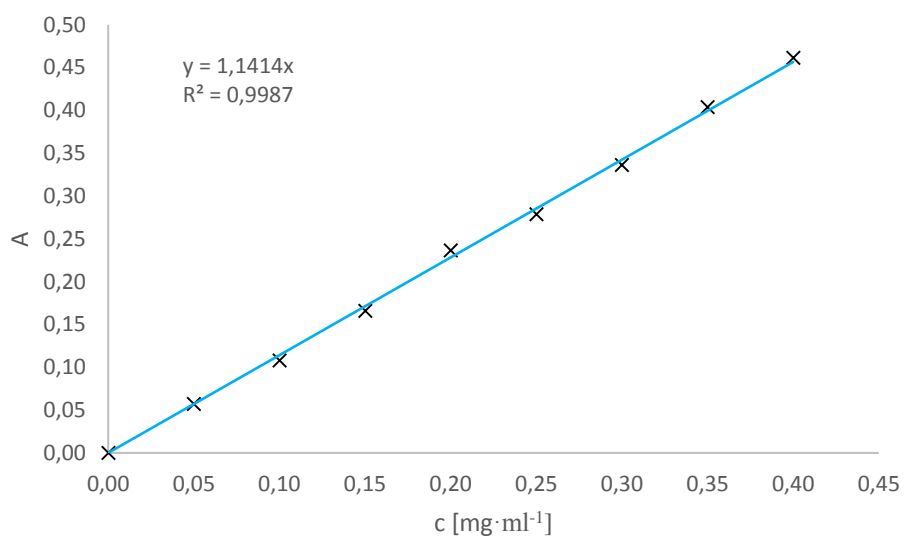
9 PRÍLOHY

Príloha č. 1: Kalibračná krivka kyseliny gallovej



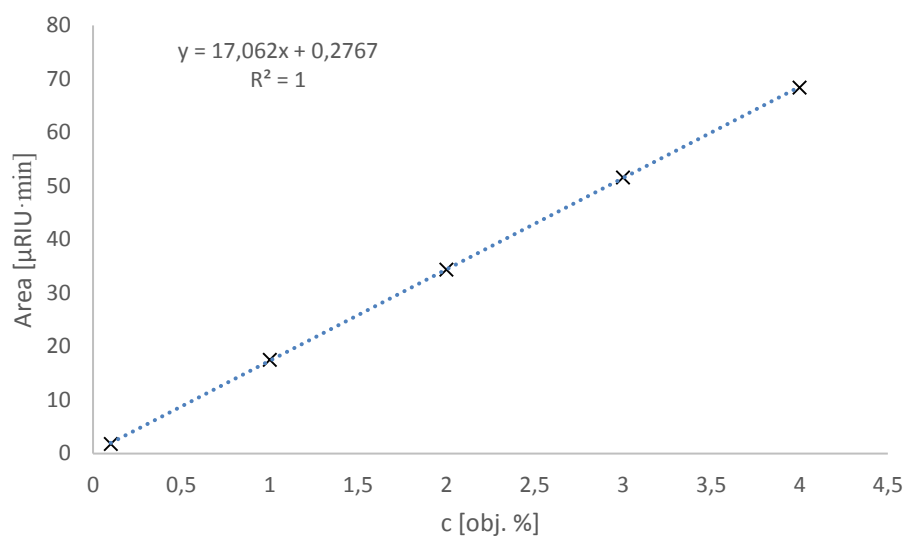
Obrázok 19: Kalibračná krivka kyseliny gallovej

Príloha č. 2: Kalibračná krivka Troloxu



Obrázok 20: Kalibračná krivka Troloxu

Príloha č. 3: Kalibračná krivka ethanolu



Obrázok 21: Kalibračná krivka ethanolu

Dotazník – senzorické hodnotenie cideru

Hodnotiteľ:

Dátum:

Čas:

Zdravotný stav:

fajčiar/nefajčiar

muž/žena

1. Aké je Vaše stanovisko pred ochutnávaním ciderov?

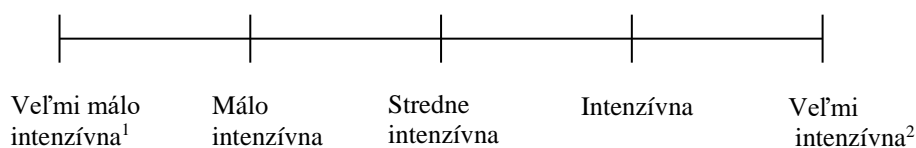
- Cider mám veľmi rád/a, často konzumujem
- Cider mám rád/a, občas ho konzumujem
- Cider vôbec nepijem

Ochutnajte, prosím, predložené vzorky suchých ciderov. Sledujte farbu, vzhľad, vôňu a chuť. Podľa uvedenej stupnice ohodnot'te ich jednotlivé vlastnosti a zapíšte do stupnice:

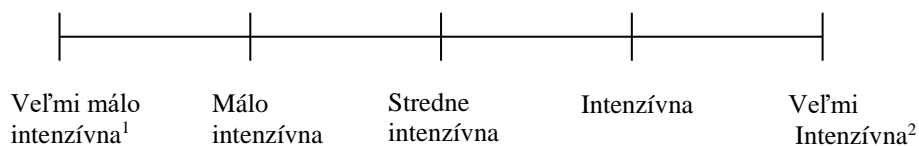
1. Farba a vzhľad

Intenzita farby: 1 – takmer priehľadná, bezfarebná, 2 – intenzívne žltá až oranžová

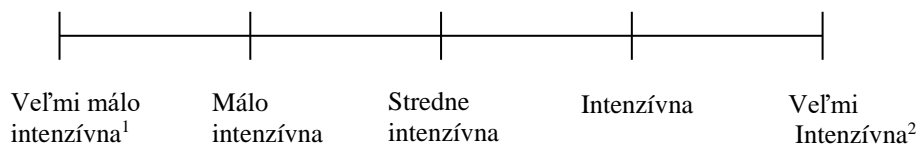
Kód vzorky:



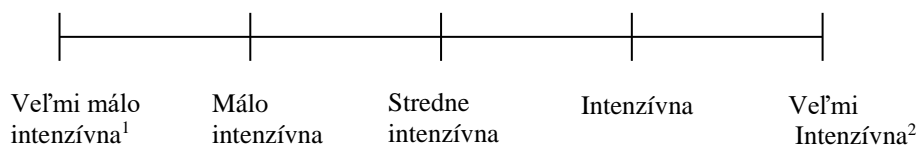
Kód vzorky:



Kód vzorky:

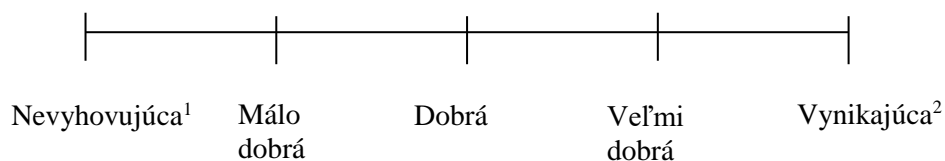


Kód vzorky:

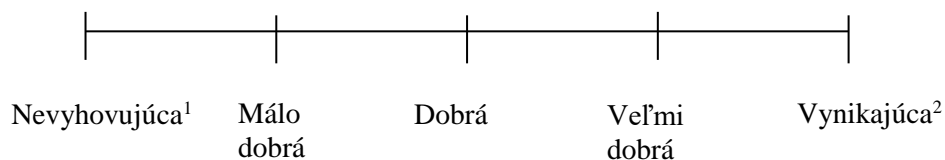


Čírosť: 1 – silný zákal, pevné častice, 2 – bez zákalu, číra

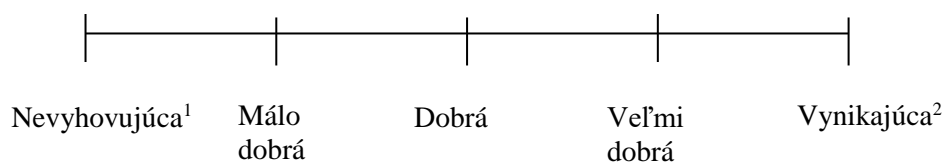
Kód vzorky:



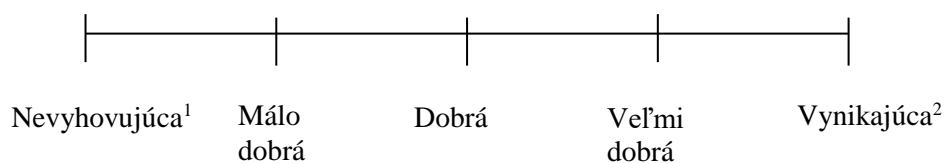
Kód vzorky:



Kód vzorky:



Kód vzorky:



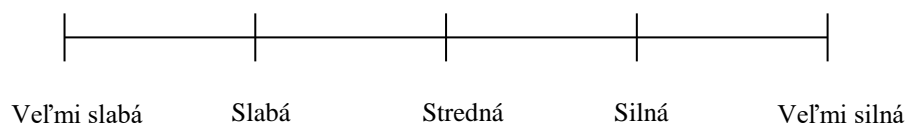
2. Vôňa (aróma)

Popis vône: typická pre cider vyrobeného z jablák, netypická vôňa po plesni, oxide siričitom, nežiadúcich látkach (kyselina octová, acetón), biologických procesoch (druhotné kvasenie - mliečne, maslové)

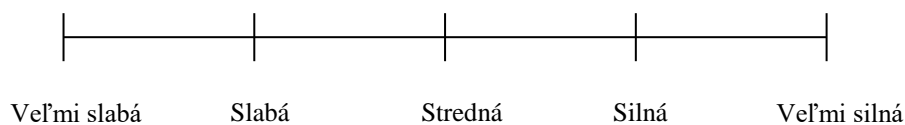
Kód vzorky	Popis vône

Intenzita vône:

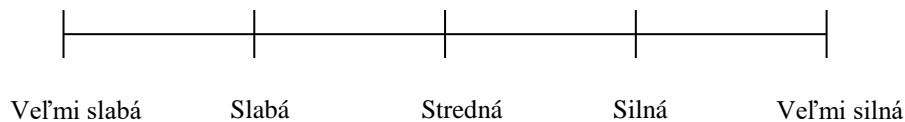
Kód vzorky:



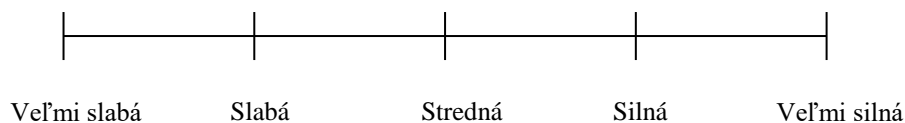
Kód vzorky:



Kód vzorky:



Kód vzorky:



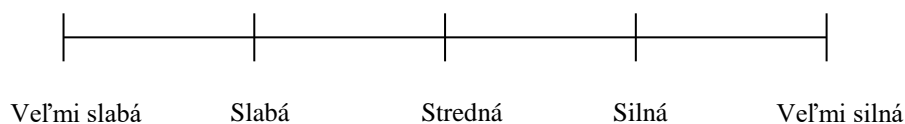
3. Chuť

Popis chuti: typická pre cider vyrobeného z jablák, netypická vôňa po plesni, oxide siričitom, nežiadúcich látkach (kyselina octová, acetón), biologických procesoch (mliečna, maslová, kvasničná), prázdna chuť (vodová), neharmonická, nevýrazná

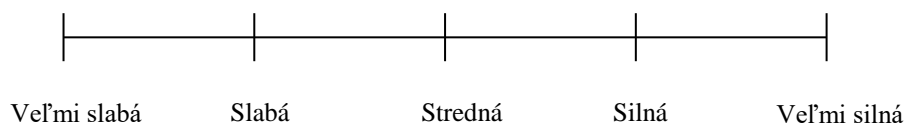
Kód vzorku	Popis chuti

Intenzita chuti:

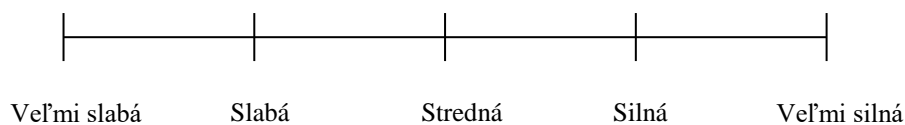
Kód vzorky:



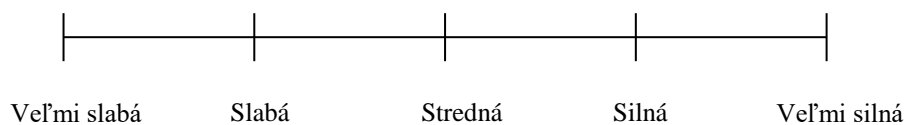
Kód vzorky:



Kód vzorky:



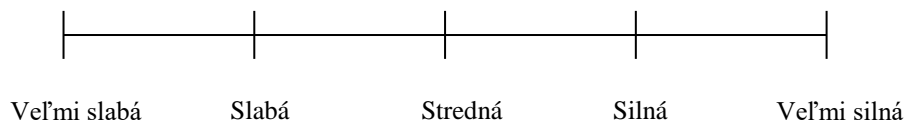
Kód vzorky:



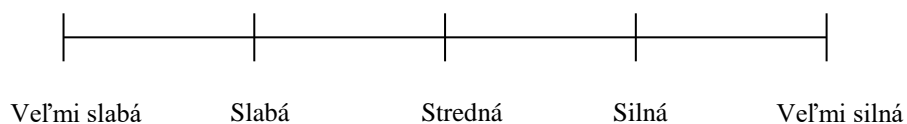
Profilový test vybraných chutí: Posúďte do akej miery uvedené jednotlivé chute vytvárajú celkový dojem chuti.

Kód vzorky:

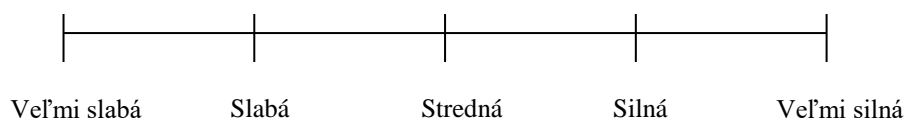
Sladká



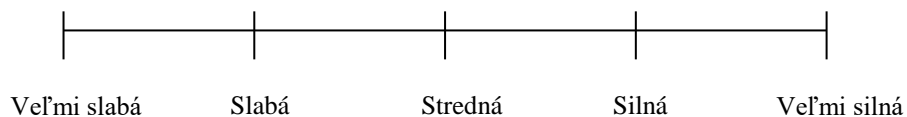
Kyslá



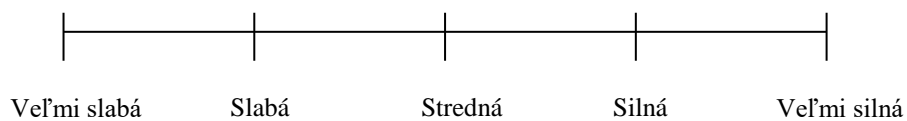
Trpká/Zvieravá



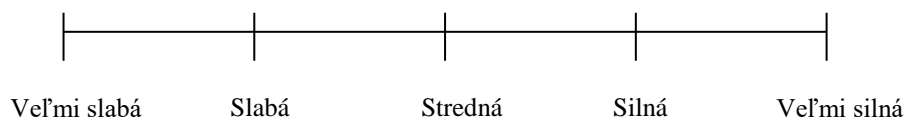
Horká



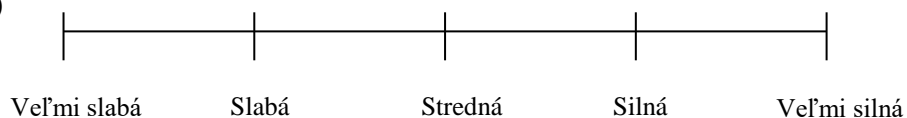
Jablčná



Kvasničná

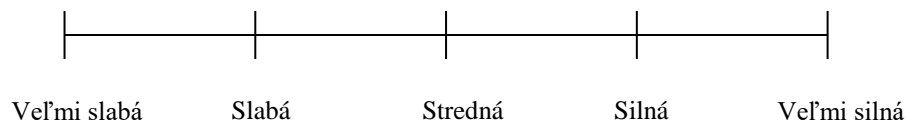


Iná (pachuť)

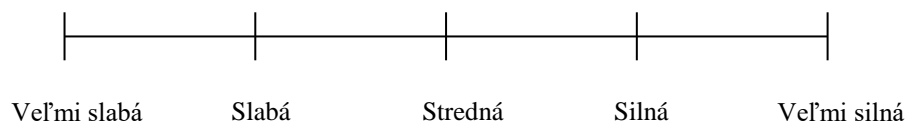


Kód vzorky:

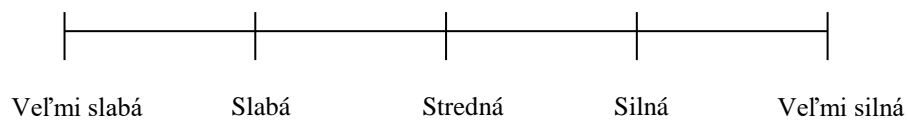
Sladká



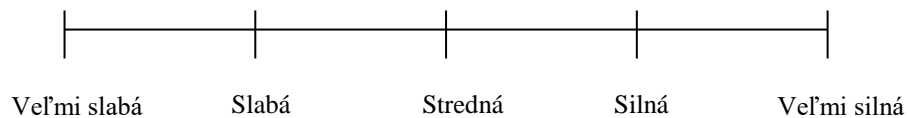
Kyslá



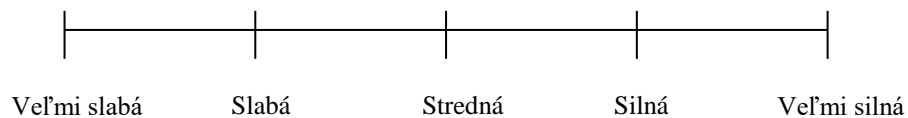
Trpká/Zvieravá



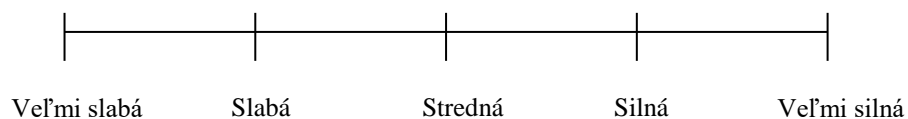
Horká



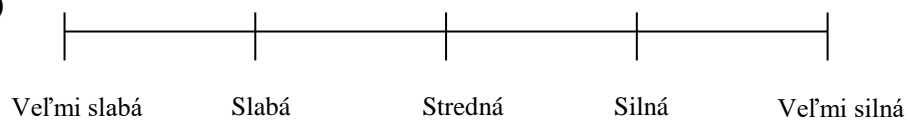
Jablčná



Kvasničná

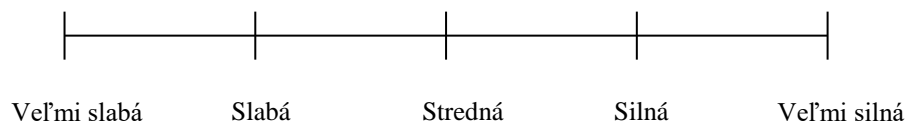


Iná (pachut')

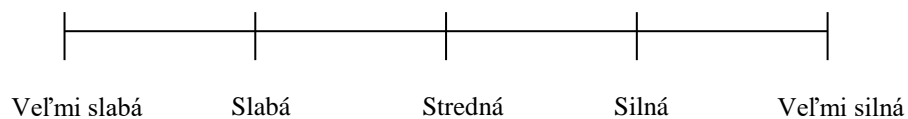


Kód vzorky:

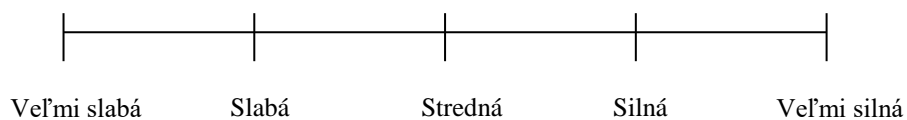
Sladká



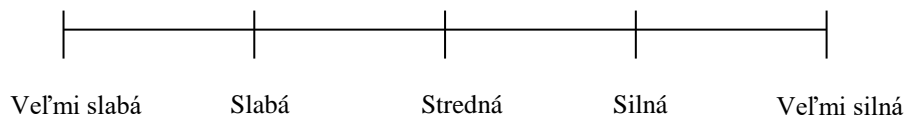
Kyslá



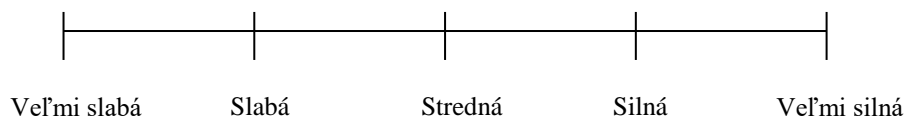
Trpká/Zvieravá



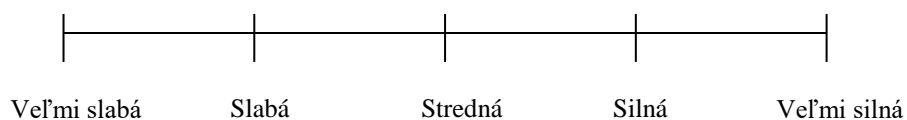
Horká



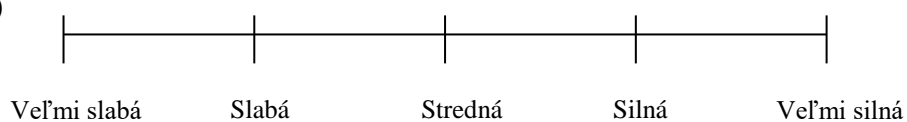
Jablčná



Kvasničná

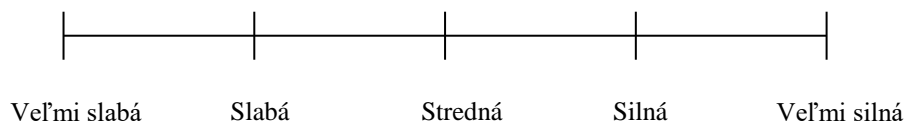


Iná (pachuť)

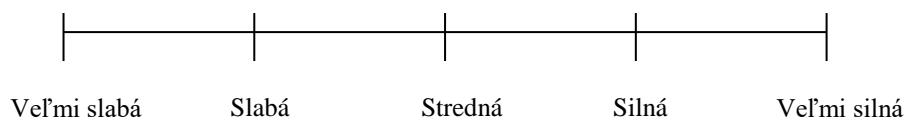


Kód vzorky:

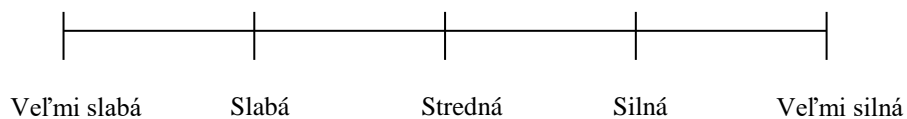
Sladká



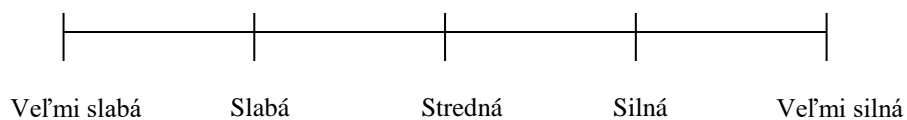
Kyslá



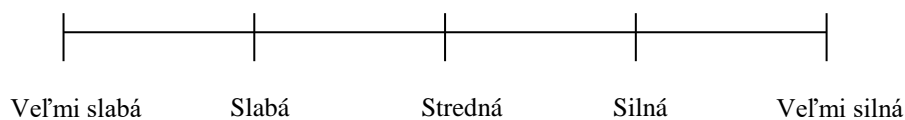
Trpká/Zvieravá



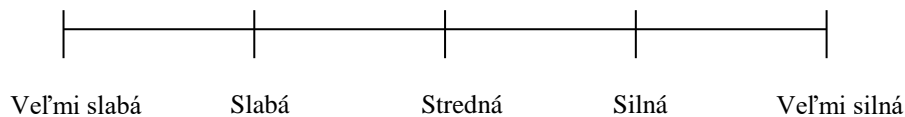
Horká



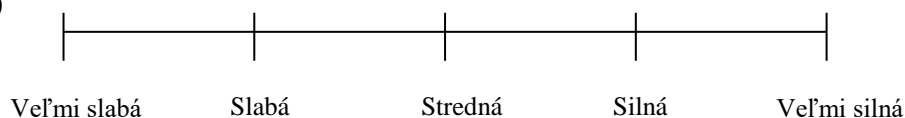
Jablčná



Kvasničná



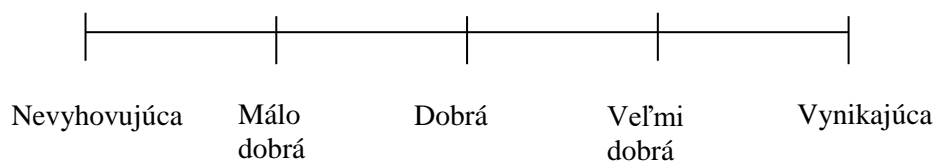
Iná (pachuť)



4. Celková prijateľnosť

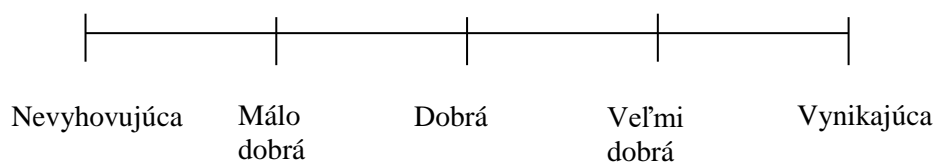
Celkovo by ste vzorky hodnotili ako: (berte do úvahy všetky vyššie spomenuté vlastnosti s dôrazom na chuť a vôňu)

Kód vzorky:



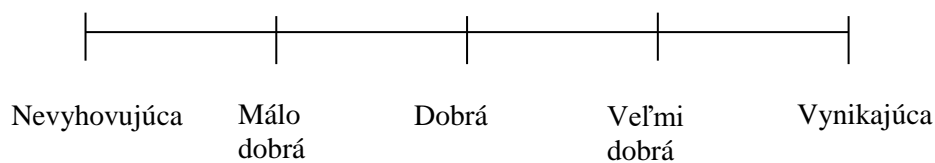
Prečo? _____

Kód vzorky:



Prečo? _____

Kód vzorky:



Prečo? _____

Kód vzorky:

Nevyhovujúca	Málo dobrá	Dobrá	Veľmi dobrá	Vynikajúca

Prečo?_____